

КОНТРОЛЬНЫЙ



АВИАЦИОННЫЙ РЕГИСТР МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО
АВИАЦИОННОГО КОМИТЕТА

КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ КТ-160G/14G

Условия эксплуатации и окружающей среды
для бортового авиационного оборудования

(Внешние воздействующие факторы – ВВФ)

Требования, нормы и методы испытаний
(в трех книгах)

Книга III Электромагнитные воздействия
(Разделы 15; 18-23;25), приложение А

КТ-160G/14G
Заменяет: КТ-160D
Дата выпуска: 2015г.

Составлен: НИИАО
Подготовлен: РГ-ВВФ

УЧТЕНО

БИС

24.08.16

И.в. 4-809

ОГЛАВЛЕНИЕ

КНИГА III Электромагнитные воздействия

- Раздел 15 Магнитное воздействие
- Раздел 18 Восприимчивость к помехам звуковых частот по проводам питания
- Раздел 19 Восприимчивость к помехам индукции
- Раздел 20 Радиочастотная восприимчивость (радиоизлучение и проводимость)
- Раздел 21 Генерация радиочастотной энергии
- Раздел 22 Восприимчивость к переходным процессам, вызванным молнией
- Раздел 23 Прямое воздействие молнии
- Раздел 25 Электростатический разряд
- Приложение А

КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

КТ-160G/14G

УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ БОРТОВОГО АВИАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Раздел 15

МАГНИТНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

КТ-160G/14G

Заменяет: КТ-160D

Дата выпуска: 2015г.

Подготовлен: РГ-ВВФ

Издан: НИИАО

15.0 Магнитное воздействие

15.1 Цель испытания

Данное испытание определяет магнитное воздействие оборудования и призвано определить или проверить наименьшее расстояние до компасов или компасных датчиков (индукционных магнитных датчиков), при котором допускается установка данного устройства. Данное испытание гарантирует, что оборудование может работать надлежащим образом без помех, которые могут воздействовать на соседнее оборудование, определяя соответствие характеристик оборудования применяемым стандартам или помогая разработчику в выборе надлежащего места для размещения оборудования на ЛА.

Если D – это расстояние, на котором наблюдается девиация 1^0 , то оборудованию следующим образом присваивается соответствующая категория:

- Категория Y: $D = 0,0$ м. Девиация компаса $<1^0$ при измерении непосредственно вблизи оборудования. Данную категорию следует использовать для оборудования, устанавливаемого на расстоянии от $0,0$ до $0,3$ м от магнитных компасов или индукционных магнитных датчиков.
- Категория Z: $0 < D \leq 0,3$ м. Девиация компаса равна 1^0 при измерении на расстоянии от $>0,0$ до $\leq 0,3$ м до оборудования. Данную категорию следует использовать для оборудования, устанавливаемого на расстоянии $\geq 0,3$ м от магнитных компасов или индукционных магнитных датчиков.
- Категория A: $0,3 < D \leq 1$ м. Девиация компаса равна 1^0 при измерении на расстоянии от $>0,3$ м до $\leq 1,0$ м до оборудования. Данную категорию следует использовать для оборудования, устанавливаемого на расстоянии ≥ 1 м от магнитных компасов или индукционных магнитных датчиков.
- Категория B: $1 \text{ м} < D \leq 3$ м. Девиация компаса равна 1^0 при измерении на расстоянии от $>1,0$ до ≤ 3 м до оборудования. Данную категорию следует использовать для оборудования, устанавливаемого на расстоянии ≥ 3 м от магнитных компасов или индукционных магнитных датчиков.
- Категория C. Девиация компаса равна 1^0 при измерении на расстоянии >3 м до оборудования. Данную категорию следует использовать для оборудования, устанавливаемого на расстоянии >3 м от магнитных компасов или индукционных магнитных датчиков.

ВНИМАНИЕ: Минимальное расстояние для девиации 1^0 должно быть указано в протоколе испытания; соответственно будет выбираться место размещения оборудования на борту.

15.2 Описание испытания

Магнитное воздействие оборудования должно определяться по эквивалентному отклонению свободного магнита в однородном магнитном поле, создаваемым Землей, с горизонтальной составляющей напряженности $14,4 \text{ А/м} \pm 10\%$, когда испытуемое оборудование расположено по линии восток – запад, проходящей через ось вращения магнита. Данное измерение можно проводить или с компасом без устранения девиации, или с эквивалентным магнитным датчиком.

Примечание 1 Если горизонтальная составляющая создаваемого Землей магнитного поля в месте расположения испытательной лаборатории находится в указанных выше допустимых пределах, угловое отклонение, используемое для определения категории оборудования по 15.3, должно составлять один градус ($D_c = 1$).

Примечание 2 Если горизонтальная составляющая создаваемого Землей магнитного поля в месте расположения испытательной лаборатории превышает указанный выше допуск, угловое отклонение, используемое для определения категории оборудования по 15.3, должно регулироваться по следующей формуле:

$$D_c = \frac{14,4 \text{ А/м}}{\text{Горизонтальная составляющая напряженности окружающего поля}},$$

где: D_c – это эквивалентный угол отклонения, который следует использовать при определении категории оборудования.

15.3 Методика испытания

Испытуемое оборудование должно питаться такой же проводкой, что используется для испытаний в разделе 20. Все кабели и удлиненные силовые провода испытуемого оборудования для данного испытания нужно объединить в один жгут. Данный жгут нужно проложить по оси компаса восток – запад.

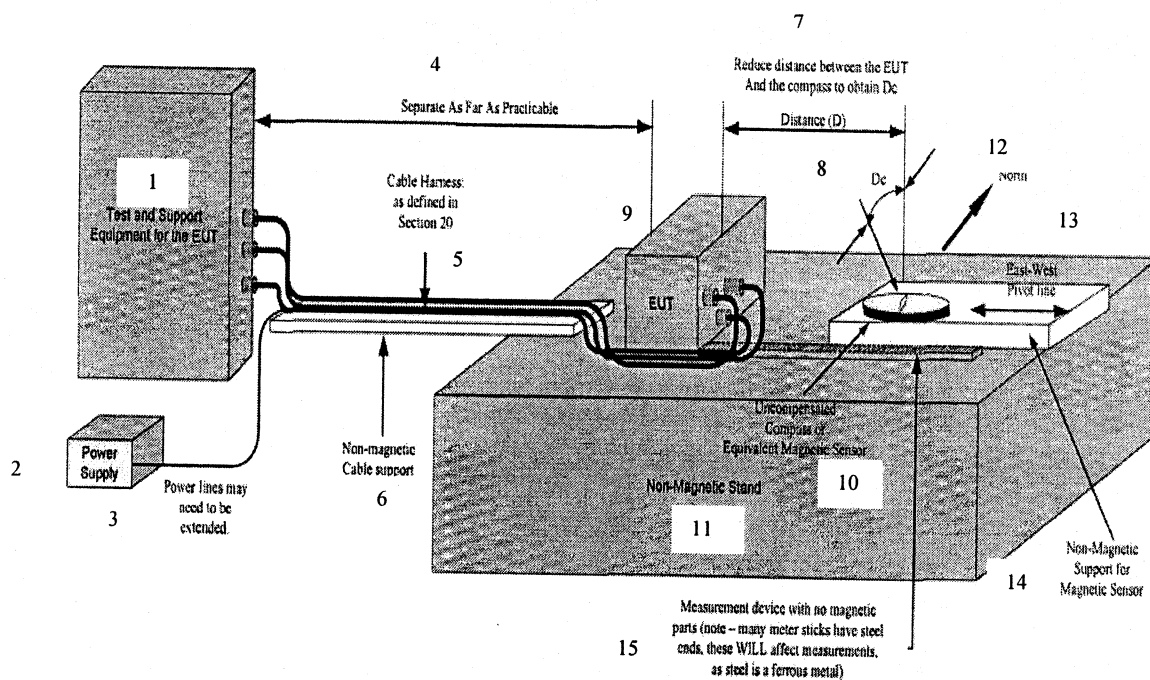
- 1) Если величина HCAFS (HCAFS – горизонтальная составляющая напряженности создаваемого Землей окружающего магнитного поля) в месте расположения испытательной лаборатории без испытуемого оборудования неизвестна, измерить её (например, с помощью магнитометра).
- 2) Если величина HCAFS находится в допустимых пределах, указанных в 15.2, то $D_c = 1^\circ$
в соответствии с ПРИМЕЧАНИЕМ 1 15.2.
Если величина HCAFS не находится в допустимых пределах, указанных в 15.2, отрегулировать величину угла отклонения (D_c), вставив измеренное значение HCAFS в формулу, приведенную в ПРИМЕЧАНИИ 2 15.2.
- 3) Разместить кабель испытуемого оборудования на линии восток – запад, проходящей через ось вращения магнита, как показано на рисунке 15-1.
- 4) Выбрать установившийся режим работы испытуемого оборудования, в котором создается максимальное отклонение магнита.
- 5) Удерживая кабель испытуемого оборудования на линии восток – запад, проходящей через ось вращения магнита, выбрать такую ориентацию испытуемого оборудования, при которой создается максимальное отклонение магнита.
- 6) Уменьшить расстояние между испытуемым оборудованием и магнитом и получить значение D_c .

Если испытание проводится с перемещением компаса в направлении испытуемого оборудования, а не с перемещением испытуемого оборудования в направлении компаса, то необходима проверка однородности поля. Данная проверка проводится следующим образом:

При удаленном из зоны испытаний испытуемом оборудовании стрелка компаса не должна отклоняться более чем на $\pm 0,5^\circ$, когда компас перемещается линейно по запланированной прямой к месту расположения испытуемого оборудования.

- 7) Измерить и зарегистрировать минимальное расстояние между осью вращения магнита и ближайшей частью испытуемого оборудования, полученное для величины D_c .
- 8) Используя измеренное на этапе 7 расстояние D для отклонения D_c , выбрать категорию по приведенной ниже таблице:

<u>Категория оборудования</u>	<u>Расстояние для отклонения Dс</u>
Y	D = 0,0 м
Z	$0 < D \leq 0,3$ м
A	$0,3 < D \leq 1$ м
B	$1 \text{ м} < D \leq 3$ м
C	Более 3,0 м



- 1 – Сервисное оборудование для проведения испытаний
- 2 – Источник питания
- 3 – Длина линий питания может быть увеличена
- 4 – Разнести на максимальное расстояние
- 5 – Жгут проводов, указанный в Разделе 20
- 6 – Опора жгута проводов, выполненная из немагнитного материала
- 7 – Уменьшать расстояние между испытуемым оборудованием и магнитом и получить значение D_c
- 8 – Расстояние (D)
- 9 – Испытуемое оборудование
- 10 – Компас без устранения девиации или эквивалентный датчик магнитного поля
- 11 – Стенд из немагнитного материала
- 12 – Север
- 13 – Линия направления восток-запад
- 14 – Опора для датчика магнитного поля, выполненная из немагнитного материала.
- 15 Измерительное устройство из немагнитных материалов. (Примечание: Многие измерители имеют наконечники, что будет влиять на результаты испытания, так как сталь является магнитным материалом)

Рисунок 15-1 – Испытательная установка

КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

КТ-160G/14G

УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ БОРТОВОГО АВИАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Раздел 18

ВОСПРИИМЧИВОСТЬ ПОМЕХ ЗВУКОВЫХ ЧАСТОТ ПО ПРОВОДАМ ПИТАНИЯ

КТ-160G/14G
Заменяет: КТ-160D
Дата выпуска: 2015г.

Подготовлен: РГ-ВВФ
Издан: НИИАО

18.0 ВОСПРИИМЧИВОСТЬ К ПОМЕХАМ ЗВУКОВОЙ ЧАСТОТЫ ПО ПРОВОДАМ ПИТАНИЯ (ИСПЫТАНИЯ В ЗАМКНУТОМ КОНТУРЕ)

18.1 Цель испытаний

Испытание должно установить способность оборудования выдерживать влияние частотных составляющих с амплитудами, обычно встречающимися при использовании оборудования на летательном аппарате. Эти частотные составляющие обычно являются высшими гармониками основной частоты источника питания.

18.2 Категории оборудования и классы частот

Обозначение испытания оборудования состоит из:
названия категории:

- для оборудования переменного тока: R(CF), R(NF), R(WF) и R
- для оборудования постоянного тока: R, B, Z

Где: CF - переменный ток постоянной частоты 400 Гц;

NF - переменный ток, частота которого может изменяться в узком диапазоне (от 360 до 650 Гц);

WF - переменный ток, частота которого может изменяться в широком диапазоне (от 360 до 800 Гц);

Категории R(CF), R(NF) и R(WF)

Оборудование, предназначенное для применения с бортовыми электрическими системами, в которых первичными источниками электроэнергии являются генераторы переменного тока постоянной или переменной частоты, а система постоянного тока питается от трансформаторно-выпрямительных устройств, обозначается, как указано ниже:

- оборудование переменного тока: R(CF), R(NF) и R(WF),
- оборудование постоянного тока: R,

Категория B

Оборудование постоянного тока, предназначенное для использования с бортовыми электрическими системами, которые получают питание от генераторов/выпрямителей с приводом от двигателей или генераторов постоянного тока при аккумуляторной батарее большой емкости, постоянно подключенной к шине постоянного тока, относится к категории B. Если нет других указаний, то уровни испытаний для оборудования, рассчитанного на напряжение 14 В, в два раза ниже уровней испытаний для оборудования, рассчитанного на 28 В.

Категория Z

Оборудование постоянного тока, которое можно применять со всеми другими типами бортовых электрических систем, допускаемыми стандартами, относится к категории Z. Категория Z должна быть пригодной для применения вместо категорий R и B. Примерами данной категории являются системы постоянного тока, получающие питание от генераторов с переменной частотой вращения, в которых:

- а) система электроснабжения постоянным током не имеет аккумуляторной батареи, постоянно подключенной к шине постоянного тока, или
- б) аппаратура управления и защиты может отсоединять аккумуляторную батарею от шины постоянного тока, или

в) емкость аккумуляторной батареи мала по сравнению с мощностью генераторов постоянного тока.

Категория К

Оборудование, предназначенное для использования с бортовыми электрическими системами, в которых первичным источником электропитания является система генерирования переменного тока стабильной или переменной частоты, характеризующаяся повышенным уровнем искажений напряжения по сравнению с источниками переменного тока, предназначенными для оборудования категории R.

Категорию К можно использовать вместо категории R.

18.3 Методы испытаний

Если отсутствуют другие указания, то во время проведения указанных ниже испытаний на испытуемое оборудование подается номинальное входное напряжение.

18.3.1 Входные провода питания постоянным током

- a. Включить испытуемое оборудование категорий R, B, Z, K в схему, показанную на рис. 18-1. При работающем оборудовании подавать синусоидальный сигнал звуковой частоты последовательно в каждый незаземленный провод питания постоянным током. Изменяя звуковую частоту подаваемого сигнала и задавая удвоенную амплитуду этого сигнала равной величинам, указанным на рис. 18-3 или на рис. 18-4, при сканировании со скоростью, указанной в 18.3.3, **ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫМ НТД**. Повторить данное испытание при всех режимах работы оборудования в соответствии с 18.3.3.
- b. Включить испытуемое оборудование категории Z, рассчитанное на напряжение питания 270 В, в схему, показанную на рис. 18-1. Отрицательный провод(а) питания 270 В должен быть соединен с землей. При работающем оборудовании подавать синусоидальный сигнал звуковой частоты последовательно в каждый положительный провод питания. Если в стандартах на характеристики оборудования нет других указаний, то при данном испытании отрицательный провод должен быть соединен с землей. Изменяя звуковую частоту подаваемого сигнала и задавая удвоенную амплитуду этого сигнала равной величинам, указанным на рис. 18-3, при сканировании со скоростью, указанной в 18.3.3, **ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫМ НТД**. Повторить данное испытание для всех режимов работы оборудования в соответствии с 18.3.3.
- c. Включить испытуемое оборудование категории Z, рассчитанное на напряжение питания 270 В, в схему, показанную на рис. 18-2, и повторить испытания в требуемом диапазоне частот, подавая пульсации напряжения синфазно на все оборудование, потребляющее постоянный ток 270 В. (Необходимо заметить, что отрицательный провод(а) соединяется с землей через трансформатор связи). Уровень синфазной помехи должен в два раза превышать уровень дифференциальной помехи (рис. 18-3). При сканировании со скоростью, указанной в 18.3.3, **ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫМ НТД**. Повторить данное испытание для всех режимов работы оборудования в соответствии с 18.3.3.

18.3.2 Входные провода питания переменным током

а. Для оборудования категорий R(CF) и К

Включить испытуемое оборудование в схему, показанную на рис. 18-1. При работающем оборудовании подавать синусоидальный сигнал звуковой частоты последовательно в каждый незаземленный провод питания переменным током. Изменяя звуковую частоту подаваемого сигнала между 700 Гц и 16 кГц, **ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫМ НТД**. Повторить данное испытание для всех режимов работы оборудования в соответствии с 18.3.3.

Для оборудования **категории R(CF)**, поддерживая амплитуду сигнала с действующим значением, составляющим не менее 6% от максимального нормального входного переменного напряжения, и сканируя со скоростью, указанной в 18.3.3, **ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫМ НТД**. Повторить данное испытание для всех режимов работы оборудования в соответствии с 18.3.3.

Для оборудования **категории К**, поддерживая амплитуду сигнала с действующим значением, составляющим не менее 8% от максимального нормального входного переменного напряжения на частотах до 7,6 кГц, и 6% на частотах выше 7,6 кГц, и сканируя со скоростью, указанной в 18.3.3, **ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫМ НТД**. Повторить данное испытание для всех режимов работы оборудования в соответствии с 18.3.3.

б. Для оборудования категорий R(NF) и К:

1. Включить испытуемое оборудование в схему, показанную на рис. 18-1. При работающем оборудовании и частоте источника питания, равной $360+5/-0$ Гц, подавать синусоидальный сигнал звуковой частоты последовательно в каждый незаземленный провод питания переменным током, изменяя звуковую частоту подаваемого сигнала между 700 Гц и 26 кГц,

Для оборудования **категории R(NF)**, поддерживая амплитуду сигнала с действующим значением, составляющим не менее 6% от максимального нормального входного переменного напряжения, и сканируя со скоростью, указанной в 18.3.3, **ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫМ НТД**. Повторить данное испытание для всех режимов работы оборудования в соответствии с 18.3.3.

Для оборудования **категории К**, поддерживая амплитуду сигнала с действующим значением, составляющим не менее 8% от максимального нормального входного переменного напряжения на частотах до 12,4 кГц, и 6% на частотах выше 12,4 кГц, и сканируя со скоростью, указанной в 18.3.3, **ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫМ НТД**. Повторить данное испытание для всех режимов работы оборудования в соответствии с 18.3.3.

2. Повторить испытание (1) при частоте источника питания $650+0/-5$ Гц, изменяя звуковую частоту подаваемого сигнала между 1100 Гц и 32 кГц,

с. Для оборудования категорий R(WF) и К:

1. Включить испытуемое оборудование в схему, показанную на рис. 18-1. При работающем оборудовании и частоте источника питания, равной $360 \pm 5/-0$ Гц, подавать синусоидальный сигнал звуковой частоты последовательно в каждый незаземленный провод питания переменным током, изменяя звуковую частоту подаваемого сигнала между 700 Гц и 32 кГц,

Для оборудования **категорий R(WF) и К**, поддерживая амплитуду сигнала с действующим значением, составляющим не менее 8% от максимального нормального входного переменного напряжения на частотах до 15,2 кГц, и 6% на частотах выше 15,2 кГц, и сканируя со скоростью, указанной в 18.3.3, **ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫМ НТД**. Повторить данное испытание для всех режимов работы оборудования в соответствии с 18.3.3.

2. Повторить испытание (1) при частоте источника питания $800 \pm 0/-5$ Гц, изменяя звуковую частоту подаваемого сигнала между 1400 Гц и 32 кГц,

18.3.3 Скорость изменения частоты

Для источника испытательного сигнала, который генерирует дискретные частоты, минимальное число испытательных частот должно составлять 30 частот на декаду.

Испытательные частоты должны быть разнесены по логарифмическому закону. В качестве примера приведена формула, которая может быть использована при расчете значений испытательных частот для 30 ступеней на декаду в порядке их повышения:

$$f_{n+1} = f_n \cdot 10^{(1/30)} \pm 1\%,$$

где:

f_n - испытательная частота и n = от 1 до m

f_1 - начальная частота

f_m - конечная частота

$$m = 1 + 30 \cdot \log(f_m / f_1)$$

Время воздействия на каждой частоте испытаний должно равняться, как минимум, одной минуте, в которую не входит время настройки испытательного оборудования. Если на последнем шаге испытаний при f_{n+1} частота превышает f_m , то ее следует округлить до f_m

Для источника испытательного сигнала, который непрерывно перестраивается в заданном диапазоне частот по линейному закону, минимальное время для прохода одной декады частоты (т.е. при максимальной скорости прохода) должно быть равно числу дискретных частот на декаду (m), умноженному на удвоенное время воздействия на одной испытательной частоте. Например, умножение 30 дискретных частот на декаду на 2 и на время выдержки, равное 1 минуте, дает время сканирования декады, равное 60 минутам.

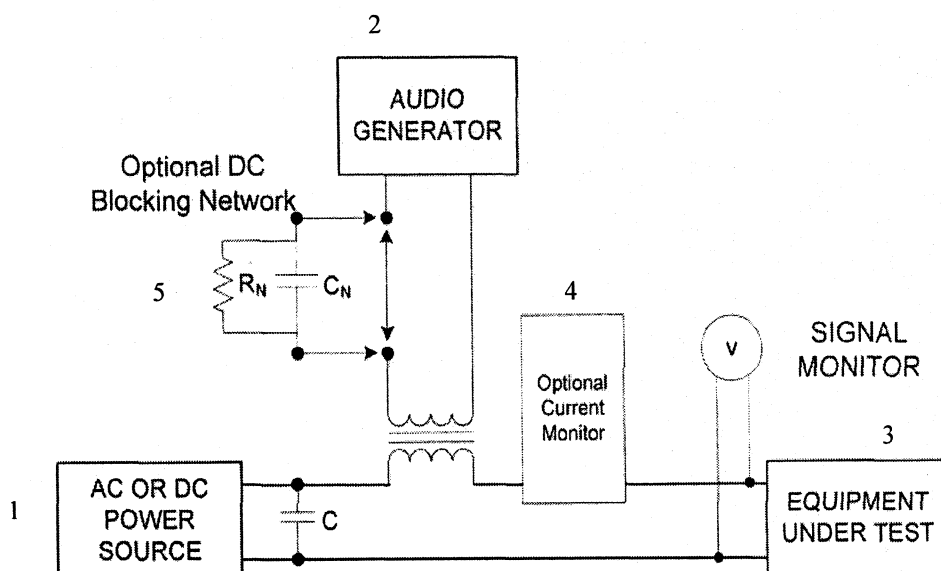
Эти испытания должны производиться для режимов работы оборудования, на которых оно потребляет максимальный и минимальный установившийся ток от первичной сети. Если отношение максимального установившегося тока к минимальному составляет 2:1 или меньше, то проводится одно испытание при максимальном установившемся токе.

18.4 Общие замечания

- а. Если импеданс силовых проводов, применяемых при испытаниях, имеет такую величину, что потребуется дополнительный индуктированный ток для создания сигнала звуковой частоты с заданным уровнем напряжения, то условия испытаний считаются

адекватными, если удвоенная амплитуда индуцированного тока ограничивается, равной, по крайней мере, 36 А. Этот ток с удвоенной амплитудой добавляется к току, который испытываемое оборудование обычно потребляет из источника питания.

- b. На входе питания постоянным током (параграф 18.3.1) параллельно источнику постоянного тока должен быть включен конденсатор с большой емкостью (100 микрофард и более). При питании переменным током параллельно источнику должен включаться конденсатор емкостью не менее 8 микрофард.
- c. Несколько входов первичного питания, которые в установке соединяются параллельно вне испытываемого оборудования, должны испытываться одновременно.



- 1 – Источник питания переменным или постоянным током
 2 – Генератор звуковой частоты
 3 – Испытуемое оборудование
 4 – Индикатор уровня сигнала
 5 – Схема блокировки постоянной составляющей напряжения (опция)

Примечания:

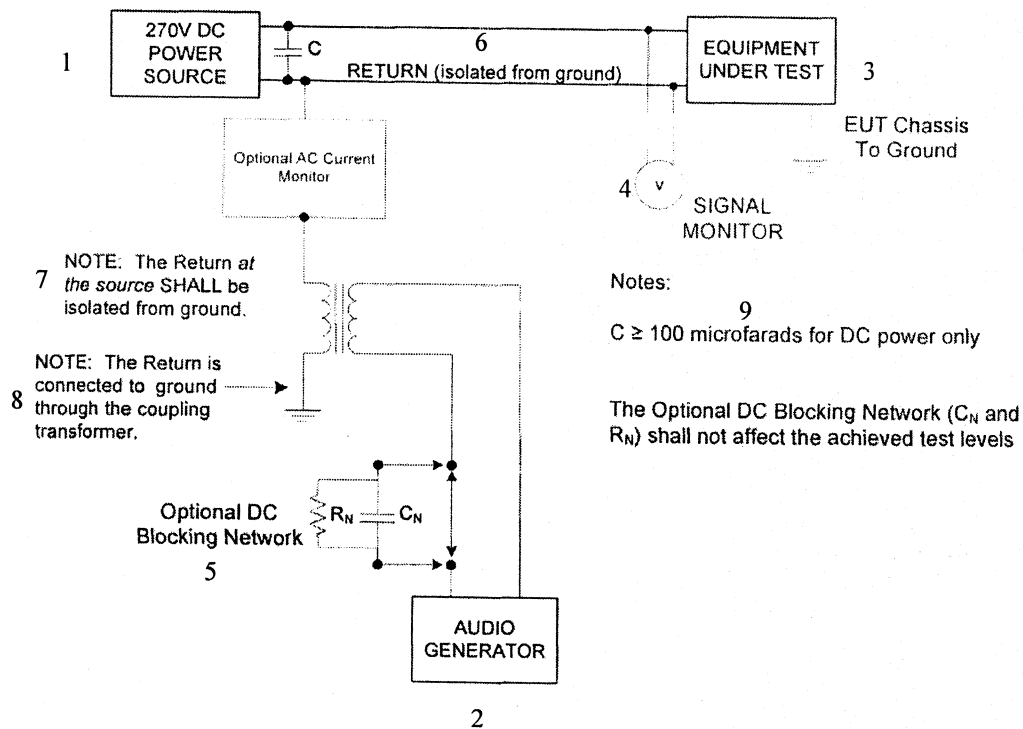
$C \geq 100$ микрофарад для постоянного тока

$C \geq 8$ микрофарад для переменного тока

Схема блокировки постоянной составляющей (C_N и R_N) не должна влиять на требуемые испытательные уровни.

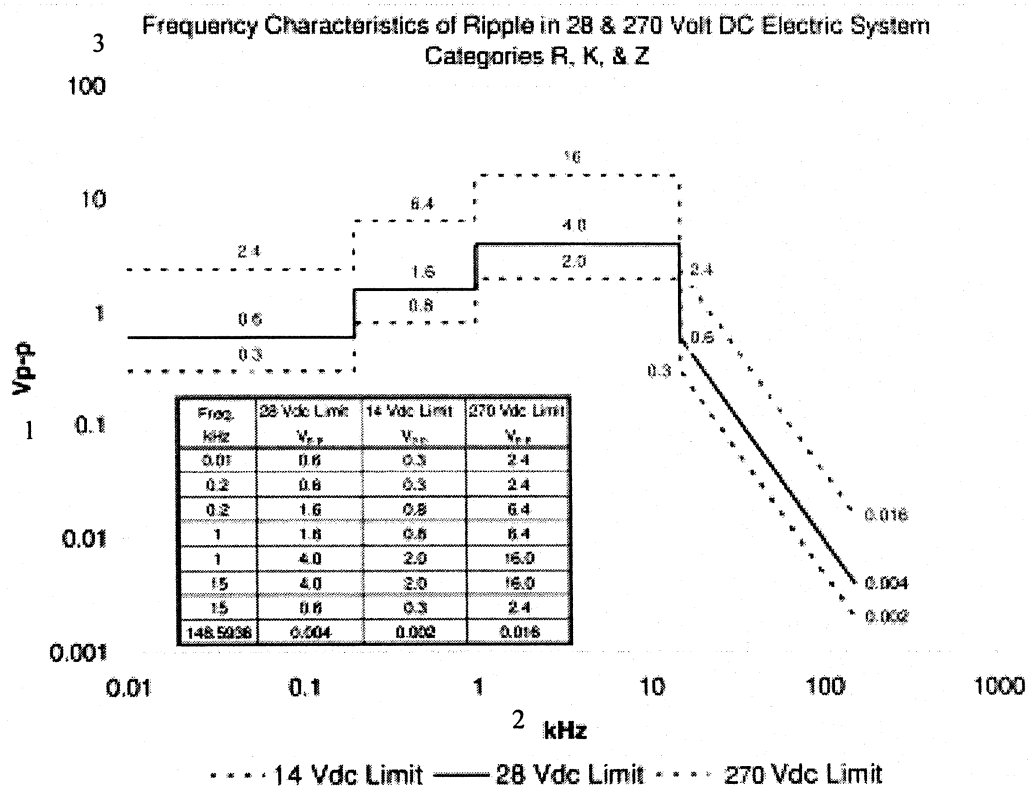
Применяемый в качестве опции измеритель тока предназначен для измерения переменной составляющей тока звуковой частоты, а не всего тока, потребляемого испытуемым оборудованием.

Рисунок 18-1 Испытательная установка для проверки восприимчивости к кондуктивным помехам звуковой частоты (Для линий питания переменным и постоянным током, помехи при дифференциальном включении)



- 1 – Источник питания постоянным током 270 В
- 2 – Генератор звуковой частоты
- 3 – Испытуемое оборудование
- 4 – Индикатор уровня сигнала
- 5 – Схема блокировки постоянной составляющей напряжения (опция)
- 6 – Обратный провод (изолированный от земли)
- 7 – ПРИМЕЧАНИЕ: Обратный провод и источник должны быть изолированы от земли
- 8 – ПРИМЕЧАНИЕ: Обратный провод соединяется с землей через трансформатор связи.
- 9 – Примечания:
- $C \geq 100$ микрофарад для постоянного тока
- Схема блокировки постоянной составляющей (C_N и R_N) не должна влиять на требуемые испытательные уровни.

Рисунок 18-2 Испытательная установка для проверки восприимчивости к кондуктивным помехам звуковой частоты (Для линий питания постоянным током 270 В, синфазные помехи)



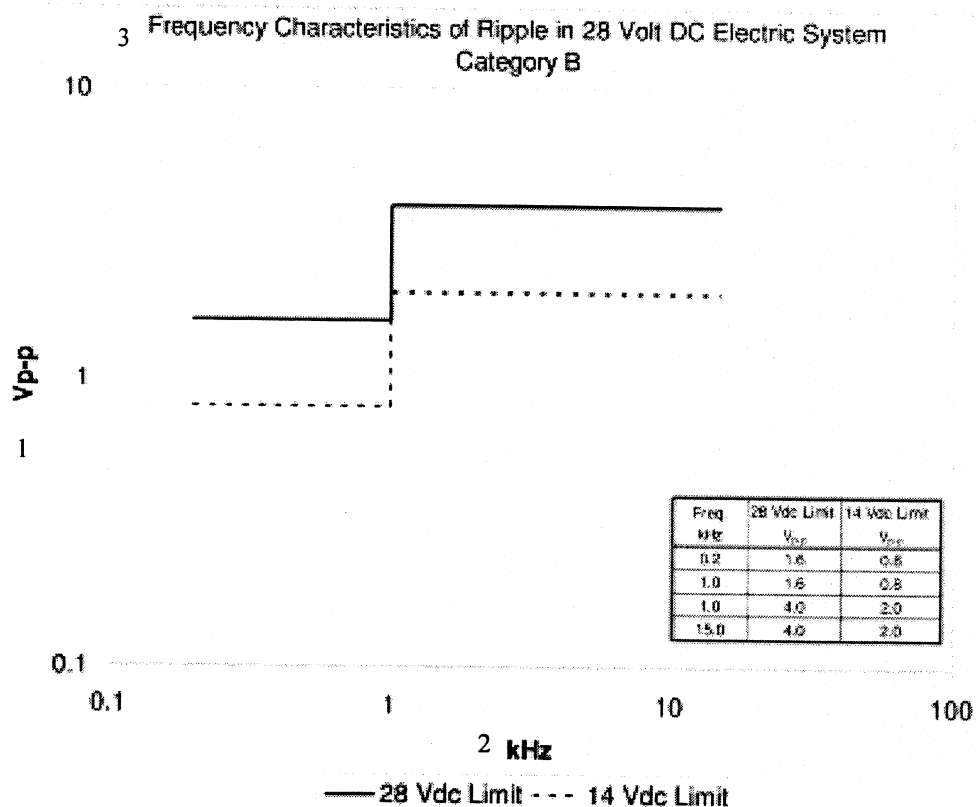
1 – Удвоенная амплитуда пульсаций (V_{p-p})

2 – Частота, кГц

3 – Частотные характеристики пульсаций в электрических системах постоянного тока с напряжением 28 и 270 В – Категории R, K, и Z

Частота, кГц	V_{p-p} Предельное значение в системе 28 В	V_{p-p} Предельное значение в системе 14 В	V_{p-p} Предельное значение в системе 270 В
0,01	0,6	0,3	2,4
0,2	0,6	0,3	2,4
0,2	1,6	0,8	6,4
1	1,6	0,8	6,4
1	4,0	2,0	16,0
15	4,0	2,0	16,0
15	0,6	0,3	2,4
148 5936	0,004	0,002	0,016

Рисунок 18-3 Частотные характеристики пульсаций в электрических системах постоянного тока с напряжением 28 и 270 В – Категории R, K, и Z



1 – Удвоенная амплитуда пульсаций (V_{p-p})

2 – Частота, кГц

3 – Частотные характеристики пульсаций в электрической системе постоянного тока с напряжением 28 В – Категория В

Частота, кГц	V_{p-p} Предельное значение в системе 28 В	V_{p-p} Предельное значение в системе 14 В
0,2	1,6	0,8
1,0	1,6	0,8
1,0	4,0	2,0
15,0	4,0	2,0

Рисунок 18-4 Частотные характеристики пульсаций в электрической системе постоянного тока с напряжением 28 В – Категория В

КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

КТ-160G/14G

УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ БОРТОВОГО АВИАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Раздел 19

ВОСПРИИМЧИВОСТЬ К ПОМЕХАМ ИНДУКЦИИ

КТ-160G/14G

Заменяет: КТ-160D

Дата выпуска: 2015г.

Подготовлен: РГ-ВВФ

Издан: НИИАО

19.0 Восприимчивость к помехам индукции

19.1 Цель испытания

Данное испытание должно установить, сохраняет ли оборудование работоспособность при заданной схеме соединений, при воздействии наведенного напряжения определенного уровня, вызванного внешней окружающей средой. В данном разделе специально рассматриваются помехи, связанные с частотой напряжения питания, ее гармоническими составляющими, с сигналами звуковой частоты и электрическими переходными процессами, которые генерируются другим бортовым оборудованием или системами и через соединительные провода передаются чувствительным цепям, находящимся внутри испытуемого оборудования. Силовые вводы, проверенные в соответствии с Разделом 18, не подвергаются рассматриваемым испытаниям.

19.2 Категории оборудования

Категория испытания на восприимчивость к наводимым сигналам обозначается тремя буквами. Первая буква (С, Z, А или В) относится к уровню испытания, вторая буква (С, N или W) соответствует типу первичной системы электроснабжения, и третья буква (Е или Х) показывает, подвергается ли оборудование испытанию "Электрическое поле, воздействующее на оборудование" (параграф 19.3.2) (буква Е) или нет (буква Х).

Категория С

Оборудование, предназначенное для работы, главным образом, в системах, требующих отсутствия помех, и где существует сильное взаимодействие, обусловленное большой длиной проводов или минимальным расстоянием между проводами, относится к категории С.

Категория СС: Оборудование, установленное на самолетах, имеющих первичную систему электроснабжения переменного тока с постоянной частотой (например, 400 Гц), или систему постоянного тока.

Категория CN: Оборудование, установленное на самолетах, имеющих первичную систему электроснабжения переменного тока с переменной частотой, изменяющейся в узком диапазоне (например, 350 - 650 Гц)

Категория CW: Оборудование, установленное на самолетах, имеющих первичную систему электроснабжения переменного тока с переменной частотой, изменяющейся в широком диапазоне (например, 350 - 800 Гц)

Категория Z

Оборудование, предназначенное для работы, главным образом, в системах, требующих отсутствия помех, относится к категории Z .

Категория ZC: Оборудование, установленное на самолетах, имеющих первичную систему электроснабжения переменного тока с постоянной частотой (например, 400 Гц), или систему постоянного тока.

Категория ZN: Оборудование, установленное на самолетах, имеющих первичную систему электроснабжения переменного тока с переменной частотой, изменяющейся в узком диапазоне (например, 350 - 650 Гц)

Категория ZW: Оборудование, установленное на самолетах, имеющих первичную систему электроснабжения переменного тока с переменной частотой, изменяющейся в широком диапазоне (например, 350 - 800 Гц)

Категория А

Оборудование, предназначенное для работы, главным образом, в системах, где желательно отсутствие помех, относится к категории А.

Категория АС: Оборудование, установленное на самолетах, имеющих первичную систему электроснабжения переменного тока с постоянной частотой (например, 400 Гц), или систему постоянного тока.

Категория АN: Оборудование, установленное на самолетах, имеющих первичную систему электроснабжения переменного тока с переменной частотой, изменяющейся в узком диапазоне (например, 350 - 650 Гц)

Категория АW: Оборудование, установленное на самолетах, имеющих первичную систему электроснабжения переменного тока с переменной частотой, изменяющейся в широком диапазоне (например, 350 - 800 Гц)

Категория В

Оборудование, предназначенное для работы, главным образом, в системах, где помехи контролируются для соответствия допустимым уровням, относится к категории В.

Категория ВС: Оборудование, установленное на самолетах, имеющих первичную систему электроснабжения переменного тока с постоянной частотой (например, 400 Гц), или систему постоянного тока.

Категория ВN: Оборудование, установленное на самолетах, имеющих первичную систему электроснабжения переменного тока с переменной частотой, изменяющейся в узком диапазоне (например, 350 - 650 Гц)

Категория ВW: Оборудование, установленное на самолетах, имеющих первичную систему электроснабжения переменного тока с переменной частотой, изменяющейся в широком диапазоне (например, 350 - 800 Гц)

19.3 Методика испытаний

19.3.1 Воздействие магнитного поля на оборудование

Подвергнуть испытуемое оборудование воздействию магнитного поля звуковой частоты, создаваемого током, указанным в табл. 19-1, который протекает по прямолинейному проволочному излучателю, расположенному на расстоянии 0,15 м от края испытуемого оборудования. ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫМ НТД.

Во время этого испытания излучатель должен ориентироваться по отношению к каждой внешней поверхности каждого блока таким образом, чтобы создавать максимальный уровень помех. Длина излучателя должна быть такой, чтобы он выступал на расстояние не менее 0,6 м (в боковом направлении) за все крайние точки испытуемого оборудования. Провода, подводящие ток к излучателю, должны прокладываться на расстоянии не менее 0,6 м от любой части испытуемого оборудования и от самого излучателя. Все блоки оборудования должны испытываться по отдельности. Источник энергии, создающий магнитное поле, не должен синхронизироваться с источником питания оборудования. Во время данного испытания

расположите излучатель горизонтально и перемещайте его вверх перед лицевой поверхностью испытуемого оборудования, затем над верхней поверхностью оборудования, и затем вниз за тыльной поверхностью оборудования. Поверните излучатель или испытываемый образец оборудования на 90 градусов и перемещайте излучатель вверх перед левой (или правой) стороной образца, затем над верхней поверхностью, и затем вниз напротив правой (или левой) поверхности образца. Разрешается проводить дополнительные испытания при другой ориентации излучателя относительно испытуемого оборудования. Цель состоит в том, чтобы проверить все четыре стороны и верхнюю сторону блока. Перемещение следует проводить с темпом, меньшим времени реакции системы.

19.3.2 Воздействие электрического поля на оборудование

Подвергнуть испытуемое оборудование воздействию электрического поля звуковой частоты, создаваемого напряжением 170 В_{эфф} в прямолинейном проволочном излучателе длиной 0,20 м, расположенном на расстоянии в 0,01 м от блока испытуемого оборудования. Соответствующие частоты и уровни испытаний приведены в табл. 19-1. ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫМ НТД.

Во время испытаний излучатель должен быть ориентирован по отношению к каждой внешней поверхности каждого блока так, чтобы обеспечить максимальное воздействие. Схема установки приведена на рис. 19-2. Провода, подводящие напряжение к излучателю, должны быть проложены на расстоянии, не меньшем 0,6 м от любой части испытуемого блока и от самого излучателя. Все блоки испытуемого оборудования должны проверяться воздействию помех по отдельности. Источник энергии, создающий электрическое поле, не должен синхронизироваться с источником питания оборудования.

Во время данного испытания расположите излучатель горизонтально и перемещайте его вверх перед лицевой поверхностью испытуемого оборудования, затем над верхней поверхностью оборудования, и затем вниз за тыльной поверхностью оборудования. Поверните излучатель или испытываемый образец оборудования на 90 градусов и перемещайте излучатель вверх перед левой (или правой) стороной образца, затем над верхней поверхностью, и затем вниз напротив правой (или левой) поверхности образца. Цель состоит в том, чтобы проверить все четыре стороны и верхнюю сторону блока. Перемещение следует проводить с темпом, меньшим времени реакции системы.

В провод излучателя должен быть включен резистор для защиты оператора.

***Примечание:** Испытанию на воздействие электрического поля должно подвергаться оборудование, которое предназначено для установки без внешнего металлического кожуха или защищенного кожухом из непроводящего материала.*

19.3.3 Воздействие магнитного поля на соединительные кабели

Подвергнуть жгут соединительных кабелей испытуемого оборудования воздействию магнитного поля звуковой частоты в соответствии с рис. 19-3.

ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫМ НТД, когда магнитное поле имеет величину, указанную в табл. 19-1 и на рисунках 19-1 (а, b, c).

Во время этого испытания все соединительные кабели оборудования должны быть проложены в соответствии с действующими монтажными схемами и схемами межблочных соединений. Должна быть обеспечена адекватная имитация всех линий входов и выходов, связывающих в нормальных условиях испытуемое оборудование с другим оборудованием. Источник энергии, создающий магнитное поле, не должен синхронизироваться с источником питания оборудования. Скорость изменения частоты и времени выдержки должны соответствовать разделу 19.3.6.

19.3.4 Воздействие электрического поля на соединительные кабели

Подвергнуть жгут соединительных кабелей испытываемого оборудования воздействию электрического поля звуковой частоты в соответствии с рис. 19-4.

ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫМ НТД, когда электрическое поле имеет величину, указанную в табл. 19-11 и на рисунках 19-1 (d, e, f).

Во время этого испытания все соединительные кабели оборудования должны быть проложены в соответствии с действующими монтажными схемами и схемами межблочных соединений. Экранированные кабели и кабели с витыми парами должны применяться только в случаях, предусмотренных изготовителем оборудования. Должна быть обеспечена адекватная имитация всех линий входов и выходов, связывающих в нормальных условиях испытываемое оборудование с другим оборудованием. Источник энергии, создающий электрическое поле, не должен синхронизироваться с источником питания оборудования. Скорость изменения частоты и времена выдержки должны соответствовать разделу 19.3.6.

Примечание: Для данного испытания требуется спиральная намотка провода излучателя на испытываемый жгут проводов. Шаг намотки должен составлять 3 витка спирали на метр длины жгута по всей длине L , заданной на рис. 19-4.

19.3.5 Импульсы, наводимые в соединительных кабелях

Во время этого испытания все соединительные кабели оборудования должны быть проложены в соответствии с действующими монтажными схемами и схемами межблочных соединений. Экранированные кабели и кабели с витыми парами должны применяться только в случаях, предусмотренных изготовителем оборудования. Должна быть обеспечена адекватная имитация всех линий по входам и выходам, связывающих в нормальных условиях испытываемое оборудование с другим оборудованием.

Жгуты соединительных кабелей проверяемого оборудования подвергают воздействию положительных и отрицательных импульсных полей переходных процессов с помощью испытательной установки, показанной на рис. 19-5. В табл. 19.1 указаны желательные длины соединительных кабелей для категорий, указанных в разделе 19.2. Таймер, указанный на рис. 19-5, должен быть настроен так, чтобы скорость повторения импульсов была равна 8-10 импульсов в секунду. Форма импульса в точке A (рис. 19-5) должна быть подобна форме, приведенной на рис. 19-6. Для положительных и отрицательных переходных процессов подачу импульсов каждой полярности следует осуществлять в течение не менее 2 минут или более длительного периода времени, если он задан в соответствующих спецификациях на оборудование.

Примечание: Для данного испытания требуется спиральная намотка провода излучателя на испытываемый жгут проводов. Шаг намотки должен составлять 3 витка спирали на метр длины жгута по всей длине L , заданной на рис. 19-5.

После испытания ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫМ НТД. Все требования к характеристикам оборудования во время проведения испытания должны быть указаны в стандарте на характеристики оборудования.

Кривая переходного процесса коммутации индуктивной нагрузки, возникающего при размыкании контакта, которая зарегистрирована в точке A (см. рис. 19-5), имеет вид, представленный на рис. 19-6.

При размыкании контакта напряжение в точке A меняется от + 28 В постоянного тока до большого отрицательного значения примерно за 2 мкс. (За это время емкость между витками обмотки, имеющая обычно величину 250-3000 пФ, заряжается отрицательно). Когда напряжение достигает величины потенциала ионизации, между контактами возникает дуговой разряд и напряжение начинает быстро снижаться к значению + 28 В за счет ионизации пространства между контактами. Напряжение в точке A обычно превосходит значение + 28 В за счет

индуктивности участка провода между точкой А и обмоткой катушки. В этот момент дуга гаснет, и цикл повторяется. В типичном случае период повторения импульсов составляет 0,2-10 мкс, а число повторений часто находится в пределах 50-1000, прежде чем рассеется энергия в индуктивной нагрузке ($E = 1/2 L \times I^2$).

19.3.6 Скорость изменения частоты

Для испытательного оборудования, которое генерирует дискретные частоты, минимальное число испытательных частот должно составлять 30 частот на декаду. Испытательные частоты должны быть разнесены по логарифмическому закону. В качестве примера приведена формула, которая может быть использована при расчете значений испытательных частот для 30 ступеней на декаду в порядке их повышения:

$$f_{n+1} = f_n \cdot 10^{(1/30)},$$

где:

f_n - испытательная частота и n = от 1 до m

f_1 - начальная частота

f_m - конечная частота

$$m = 1 + 30 \cdot \log(f_m / f_1)$$

Время выдержки на каждой частоте испытаний должно равняться, как минимум, 10 секундам; в эту величину не входит время настройки испытательного оборудования. Если на последнем шаге испытаний при F_{n+1} частота превышает f_m , то ее следует округлить до f_m .

Для испытательного оборудования, которое генерирует сигнал с непрерывным изменением частоты, минимальное время прохода (т.е. при максимальной скорости) должно быть равно числу дискретных частот на декаду (m), умноженному на время выдержки. Например, умножение 30 дискретных частот, приходящихся на декаду, на время выдержки, равное 30 секундам, дает время, равное 5 минутам.

Табл. 19-1 Категории испытаний на восприимчивость к помехам индукции

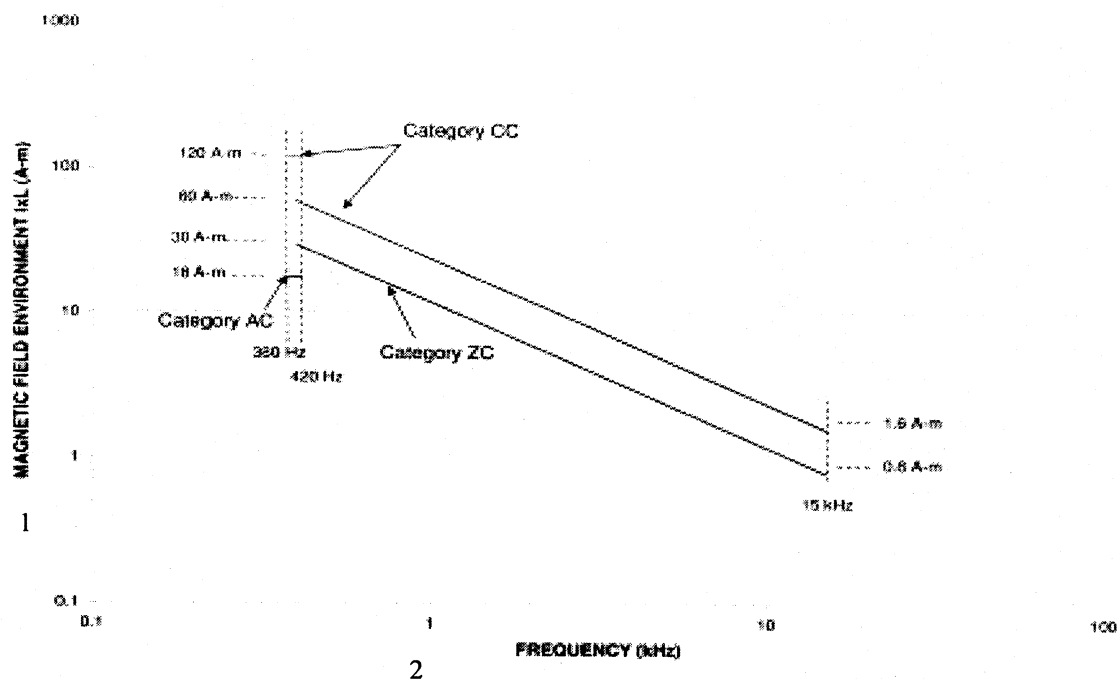
Параграф	Испытание	Категория ZC	Категория AC	Категория BC	Категория CC
19.3.1	Воздействие магнитного поля на оборудование	20 А эфф. на частоте 400 Гц	20 А эфф. на частоте 400 Гц	20 А эфф. на частоте 400 Гц	20 А эфф. на частоте 400 Гц
19.3.2	Воздействие электрического поля на оборудование	170 В эфф на частоте 400 Гц	170 В эфф на частоте 400 Гц	170 В эфф на частоте 400 Гц	170 В эфф на частоте 400 Гц
19.3.3	Воздействие магнитного поля на соединительные кабели	$I_{xL}=30$ Ахм при 400 Гц со снижением до 0,8 Ахм на 15 кГц	$I_{xL}=18$ Ахм на частотах от 380 до 420 Гц	Не относится	$I_{xL}=120$ Ахм на $380 \div 420$ Гц и 60 Ахм на 400 Гц, снижаясь до 1,6 Ахм на 15 кГц
19.3.4	Воздействие электрического поля на соединительные кабели	$V_{xL}=1800$ Вхм на частотах от 380 до 420 Гц	$V_{xL}=360$ Вхм на частотах от 380 до 420 Гц	Не относится	$V_{xL}=5400$ Вхм на $380 \div 420$ Гц и 5400 Вхм на 400 Гц, снижаясь до 135 Вхм на 15 кГц
19.3.5	Воздействие импульсов на соединительные кабели	Рис. 19-4 $L=3,0$ м	Рис. 19-4 $L=3,0$ м	Рис. 19-4 $L=1,2$ м	Рис. 19-4 $L=3,0$ м

Параграф	Испытание	Категория ZN	Категория AN	Категория BN	Категория CN
19.3.1	Воздействие магнитного поля на оборудование	20 А эфф. на 350 Гц и 650 Гц	20 А эфф. на 350 Гц и 650 Гц	20 А эфф. на 350 Гц и 650 Гц	20 А эфф. на 350 Гц и 650 Гц
19.3.2	Воздействие электрического поля на оборудование	170 В эфф на частоте 400 Гц	170 В эфф на частоте 400 Гц	170 В эфф на частоте 400 Гц	170 В эфф на частоте 400 Гц
19.3.3	Воздействие магнитного поля на соединительные кабели	$I_{xL}=30$ Ахм на $350 \div 650$ Гц, снижаясь до 0,8 А-м на 26 кГц	$I_{xL}=18$ Ахм на частотах от 350 до 650 Гц	Не относится	$I_{xL}=120$ Ахм на $350 \div 650$ Гц, снижаясь до 1,6 Ахм на 26 кГц
19.3.4	Воздействие электрического поля на соединительные кабели	$V_{xL}=1800$ Вхм на частотах от 350 до 650 Гц	$V_{xL}=360$ Вхм на частотах от 350 до 650 Гц	Не относится	$V_{xL}=5400$ Вхм на $350 \div 650$ Гц, снижаясь до 135 Вхм на 26 кГц
19.3.5	Воздействие импульсов на соединительные кабели	Фиг. 19-4 $L=3,0$ м	Фиг. 19-4 $L=3,0$ м	Фиг. 19-4 $L=1,2$ м	Фиг. 19-4 $L=3,0$ м

Табл. 19-1 Категории испытаний на восприимчивость к помехам индукции (продолжение)

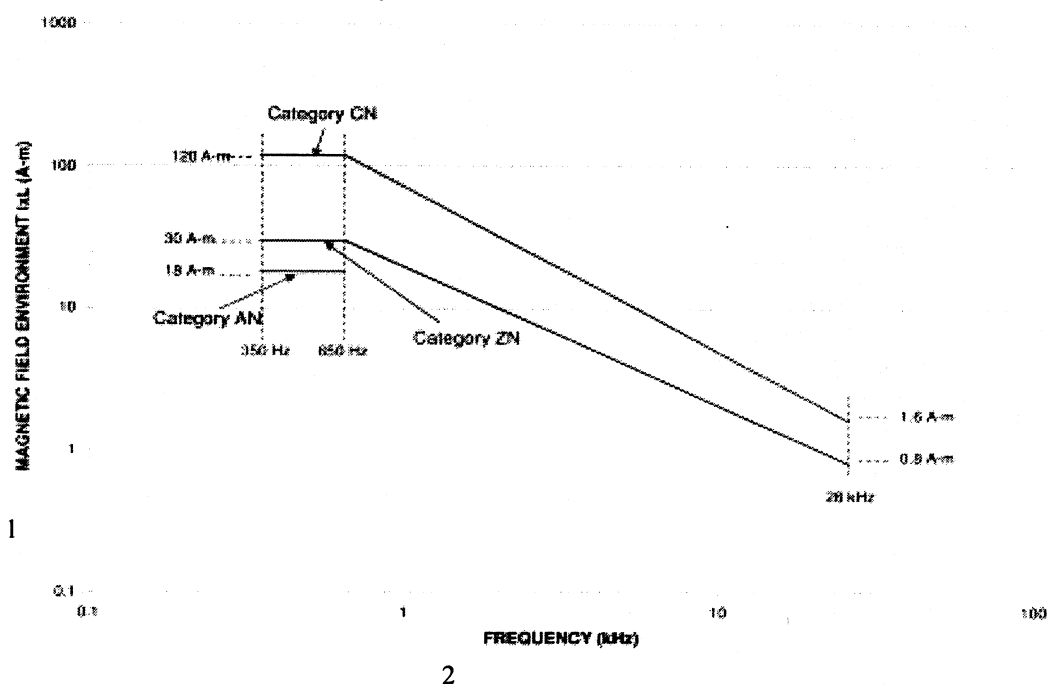
Параграф	Испытание	Категория ZW	Категория AW	Категория BW	Категория CW
19.3.1	Воздействие магнитного поля на оборудование	20 А эфф. на 350 и 800 Гц	20 А эфф. на 350 и 800 Гц	20 А эфф. на 350 и 800 Гц	20 А эфф. на 350 и 800 Гц
19.3.2	Воздействие электрического поля на оборудование	170 В эфф на частоте 400 Гц	170 В эфф на частоте 400 Гц	170 В эфф на частоте 400 Гц	170 В эфф на частоте 400 Гц
19.3.3	Воздействие магнитного поля на соединительные кабели	$I \times L = 30$ Ахм на 350÷800 Гц со снижением до 0,8 Ахм на 32 кГц	$I \times L = 18$ Ахм на частотах от 350 до 800 Гц	Не относится	$I \times L = 120$ Ахм на 350 ÷ 800 Гц, снижаясь до 1,6 Ахм на 32 кГц
19.3.4	Воздействие электрического поля на соединительные кабели	$V \times L = 1800$ Вхм на частотах от 350 до 800 Гц	$V \times L = 360$ Вхм на частотах от 350 до 800 Гц	Не относится	$V \times L = 5400$ Вхм на 350 ÷ 800 Гц, снижаясь до 135 Вхм на 32 кГц
19.3.5	Воздействие импульсов на соединительные кабели	Фиг. 19-4 $L = 3,0$ м	Фиг. 19-4 $L = 3,0$ м	Фиг. 19-4 $L = 1,2$ м	Фиг. 19-4 $L = 3,0$ м

Примечание: Если в представленных изготовителем монтажных схемах и схемах межблочных соединений указана фиксированная длина кабеля, меньшая 3,3 м, то длина взаимодействующей части (L) провода источника создания поля должна быть уменьшена для сохранения расстояния разделения, равного, как минимум, 0,15 м на каждом конце. Уровень воздействия при испытаниях может снижаться пропорционально отношению уменьшенной длины взаимодействующей части к ее заданной длине ($L = 3,3 - (2 \times 0,15) = 3$ м). Например, если изготовитель указывает максимальную длину кабеля, равную 1,8 м, то $L = 1,5$ м. Тогда после корректировки с коэффициентом, равным $(1,5/3,0) = 0,5$, предельные значения напряжений и токов, указанные выше, будут соответствующим образом понижены. Данное испытание не требуется, если в представленных изготовителем монтажных схемах и схемах межблочных соединений указана фиксированная длина кабеля, меньшая 1,5 м (L менее 1,2 м).



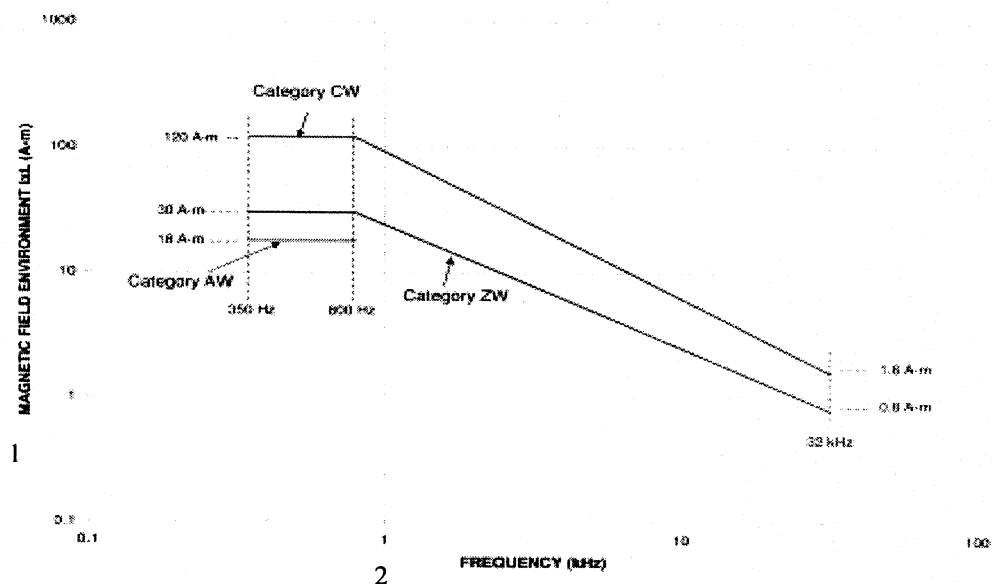
- 1 – Величина окружающего магнитного поля $I \times L$ (Ахм)
 2 – Частота (кГц)

Рисунок 19-1(a) Уровни испытаний на восприимчивость к магнитным полям звуковой частоты – Постоянная частота



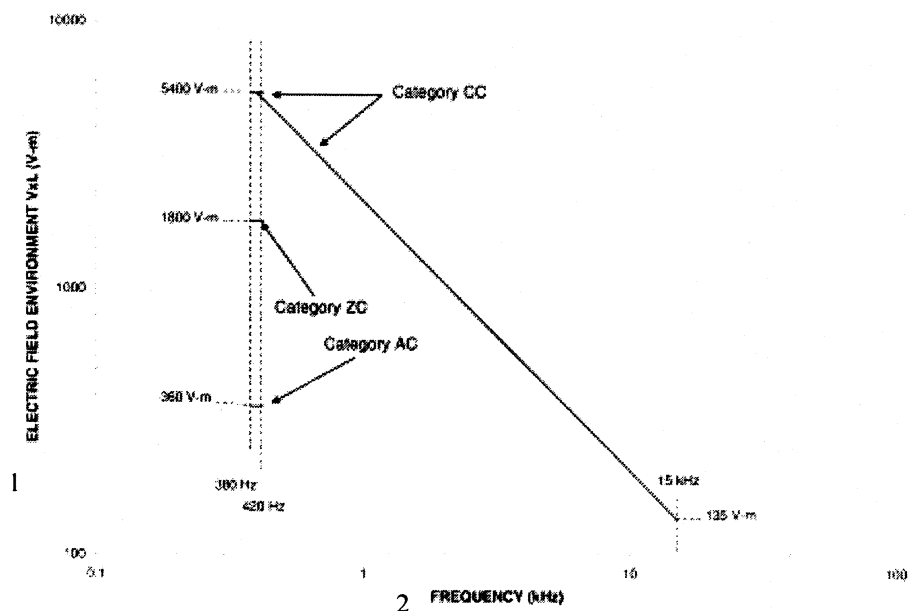
- 1 – Величина окружающего магнитного поля $I \times L$ (Ахм)
 2 – Частота (кГц)

Рисунок 19-1(b) Уровни испытаний на восприимчивость к магнитным полям звуковой частоты – Частота, меняющаяся в узком диапазоне



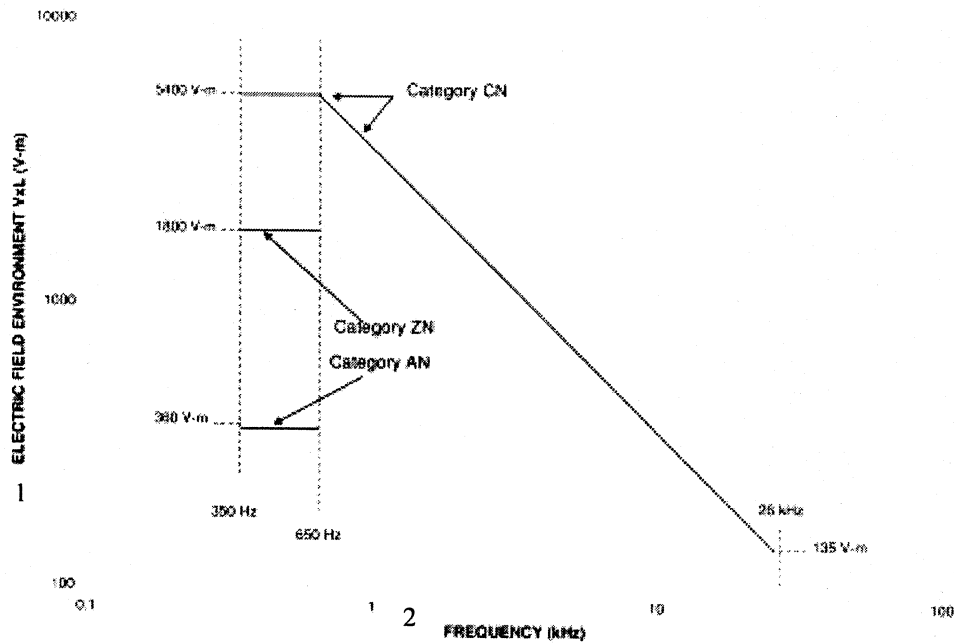
- 1 – Величина окружающего магнитного поля $I \times L$ (Ахм)
 2 – Частота (кГц)

Рисунок 19-1(с) Уровни испытаний на восприимчивость к магнитным полям звуковой частоты – Частота, меняющаяся в широком диапазоне



- 1 – Величина окружающего электрического поля $V \times L$ (Вхм)
 2 – Частота (кГц)

Рисунок 19-1(d) Уровни испытаний на восприимчивость к электрическим полям звуковой частоты – Постоянная частота

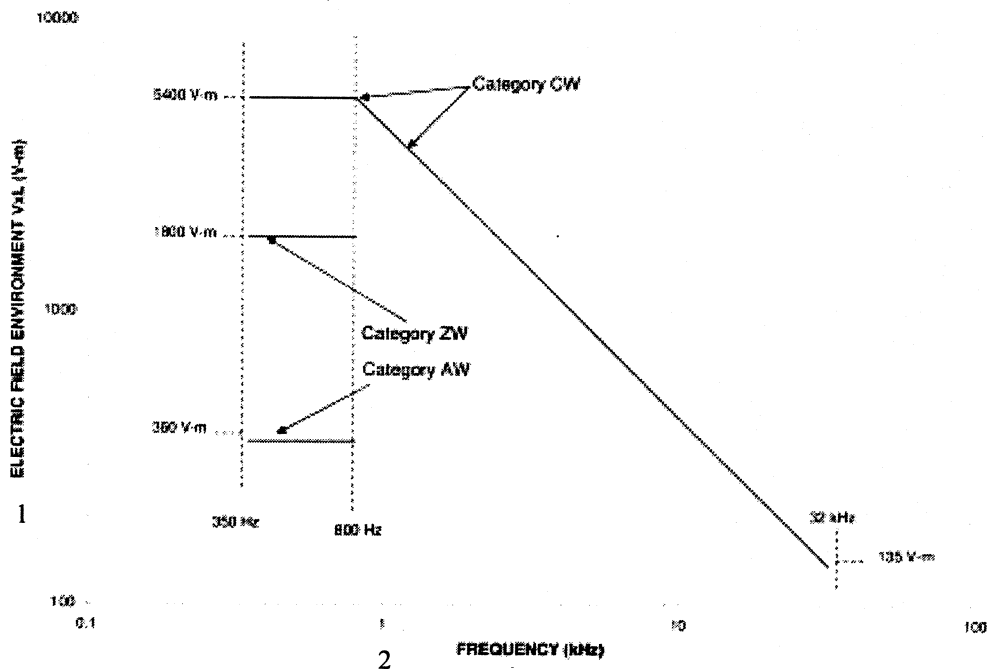


1 – Величина окружающего электрического поля $V \times L$ (Вхм)

2 – Частота (кГц)

Рисунок 19-1(е)

Уровни испытаний на восприимчивость к электрическим полям звуковой частоты – Частота, меняющаяся в узком диапазоне

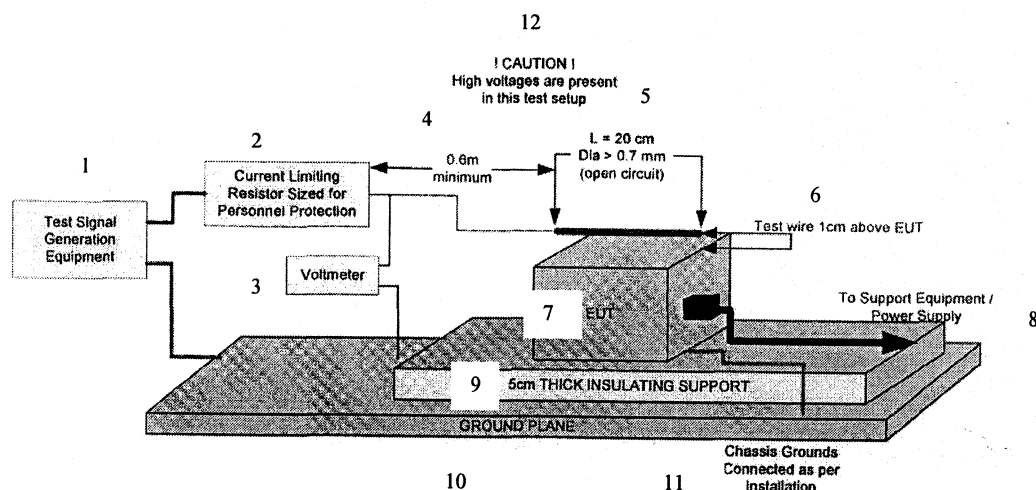


1 – Величина окружающего электрического поля $V \times L$ (Вхм)

2 – Частота (кГц)

Рисунок 19-1(ф)

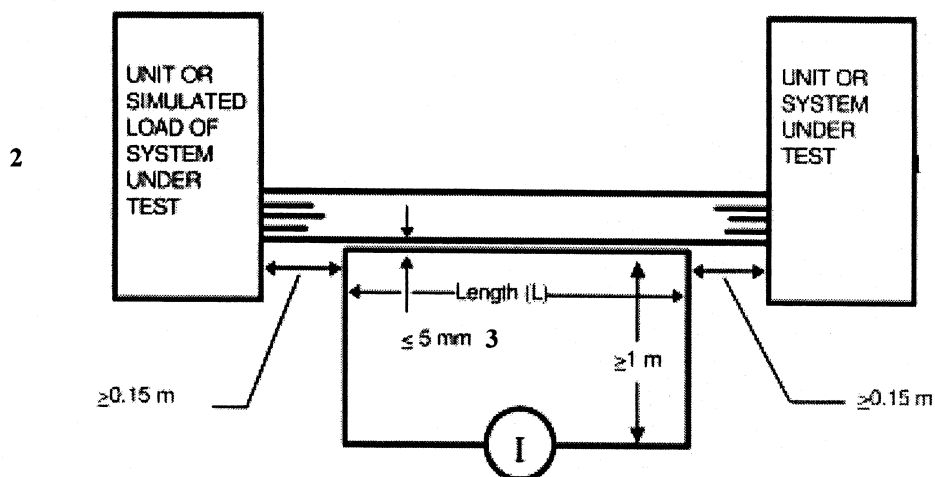
Уровни испытаний на восприимчивость к электрическим полям звуковой частоты – Частота, меняющаяся в широком диапазоне



- 1 – Оборудование для генерирования испытательного сигнала
- 2 – Резистор, ограничивающий ток, для защиты оператора установки
- 3 – Вольтметр
- 4 – 0,6 м минимум
- 5 – Длина = 20 см
Диаметр > 0,7 мм
(Разомкнутая цепь)
- 6 – Испытательный провод на расстоянии 1 см над испытуемым блоком
- 7 – EUT –Испытываемый блок оборудования
- 8 – Обеспечение электропитания оборудования
- 9 – Изолирующая пластина толщиной 5 см
- 10 – Пластина заземления
- 11 – Заземление, аналогичное заземлению при установке на ВС
- 12 – ОСТОРОЖНО! В данной испытательной установке имеется высокое напряжение.

Рисунок 19-2

Установка для испытаний на восприимчивость к электрическим полям звуковой частоты через корпус БО



1 – Испытываемый блок или система

2 – Блок или эквивалент для испытываемой системы

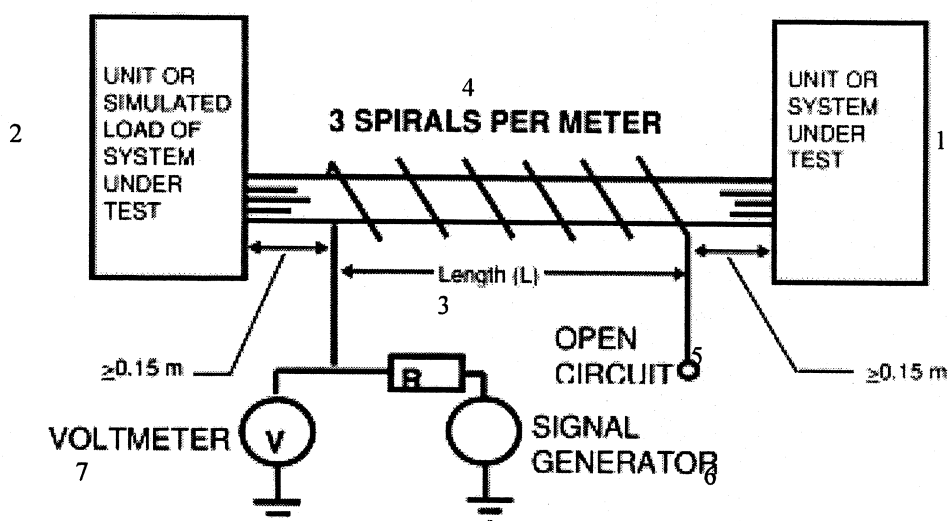
3 – Длина (L)

Примечание 1: Жгут соединительных проводов должен находиться на расстоянии не менее 50 мм над заземленной пластиной

Примечание 2: Величина окружающего магнитного поля = Ток (I) x Длина (L)
(амперы эфф x метры)

Рисунок 19-3

Установка для испытаний на восприимчивость линий связи к магнитным полям звуковой частоты



- 1 – Испытываемый блок или система
- 2 – Блок или эквивалент для испытываемой системы
- 3 – Длина (L)
- 4 – Три витка на метр
- 5 – Разомкнутая цепь
- 6 – Сигнал-генератор
- 7 – Вольтметр

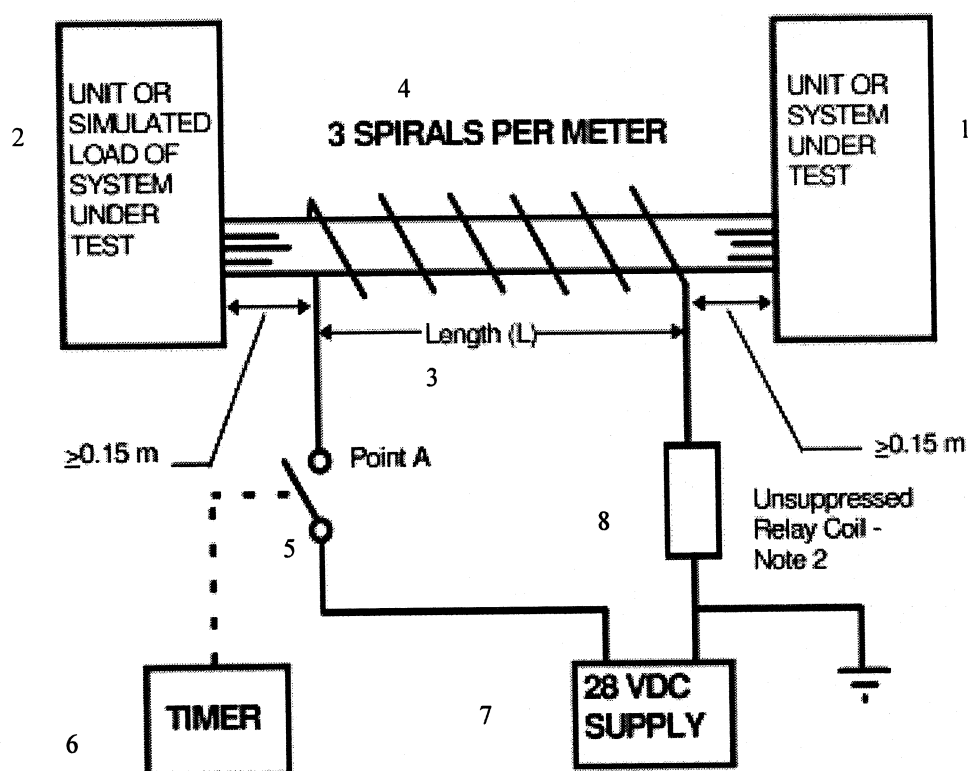
Примечание 1: Жгут соединительных проводов должен находиться на расстоянии не менее 50 мм над заземленной пластиной

Примечание 2: Величина окружающего электрического поля = Напряжение (V) x Длина (L) (вольты эфф x метры)

Примечание 3: Сопротивление резистора R выбирается для защиты персонала от высокого напряжения

Рисунок 19-4

Установка для испытаний на восприимчивость линий связи к электрическим полям звуковой частоты



- 1 – Испытываемый блок или система
- 2 – Блок или эквивалент для испытываемой системы
- 3 – Длина (L)
- 4 – Три витка на метр
- 5 – Точка А
- 6 – Таймер
- 7 – Источник постоянного напряжения 28 В
- 8 – Обмотка реле без устройств подавления переходных напряжений (Примечание 2)

Примечание 1: Жгут соединительных проводов должен находиться на расстоянии не менее 50 мм над заземленной пластиной

Примечание 2: Реле без устройств подавления переходных напряжений должно иметь следующие характеристики:

Напряжение = 28 В постоянного тока

Ток = 160 мА

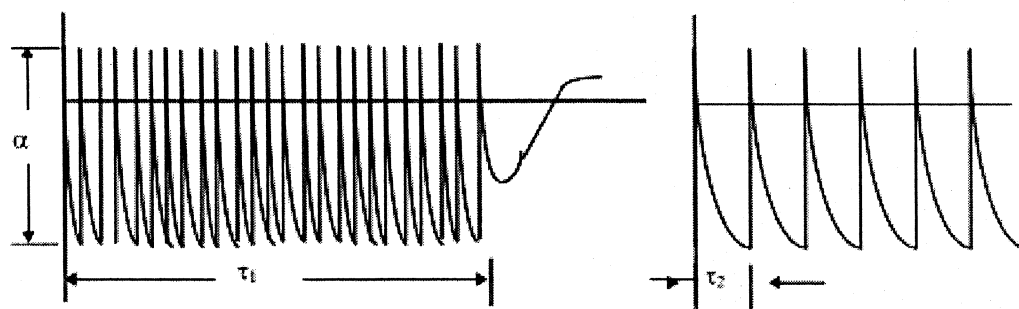
Сопротивление = 175 Ом $\pm$ 10%

Индуктивность = 1,5 Генри $\pm$ 10% под напряжением

Примечание 3: Напряжение 28 В постоянного тока подается от незаземленного источника с переключателем для изменения полярности

Рисунок 19-5

Установка для испытаний воздействия импульсов на соединительные кабели БО



α	Удвоенная амплитуда ≥ 600 В
τ_1	Полная длительность от 50 до 1000 микросекунд
τ_2	Период повторения от 0,2 до 10 микросекунд

Примечание: Форма кривой напряжения была зарегистрирована между точкой А на рис. 19-4 и заземленной пластиной. По своей природе, во время испытаний в пределах импульса возникают выбросы напряжения с различной амплитудой. У некоторых из этих выбросов удвоенная амплитуда может быть менее 600 В.

Рисунок 19-6

Переходные процессы при коммутации индуктивных нагрузок

КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ
КТ-160G/14G
УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
ДЛЯ БОРТОВОГО АВИАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Раздел 20

РАДИОЧАСТОТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ
(К ПОМЕХАМ ИЗЛУЧЕНИЯ И ПРОВОДИМОСТИ)

КТ-160G/14G
Заменяет: КТ-160D
Дата выпуска: 2015г.

Подготовлен: РГ-ВВФ
Издан: НИИАО

20.0 РАДИОЧАСТОТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ (К ПОМЕХАМ ИЗЛУЧЕНИЯ И ПРОВОДИМОСТИ)

20.1 Цель испытаний

Настоящие испытания определяют, будет ли оборудование воздушного судна (ВС) функционировать в соответствии с заданными техническими характеристиками, когда оно и соединительные провода подвергаются воздействию модулированной радиочастотной энергии, которая наводится в цепях питания и соединительных проводах от излучаемого электромагнитного поля или от помех проводимости, создаваемых инжектором тока.

Используются два вида испытаний:

- 1) В диапазоне частот от 10 кГц до 400 МГц испытываемое оборудование подвергается воздействию радиочастотных сигналов, создаваемых инжекторами тока в жгутах кабелей.
- 2) На частотах в диапазоне от 100 МГц до верхнего частотного предела испытываемое оборудование подвергается воздействию радиочастотных полей, создаваемых антенной. Испытания в диапазоне от 100 до 400 МГц перекрываются (накладываются одно на другое).

Испытания на восприимчивость к полям излучения в диапазоне от 100 МГц до 18 ГГц можно проводить с использованием методов и материалов, описанных в п.20.5, или с использованием методов и материалов, описанных в п.20.6, п.20.7 и приложении С. Метод испытаний выбирается по усмотрению заявителя.

Для оборудования со специфическими характеристиками частоты сигналов, модуляции или ширины полосы частот, может потребоваться изменение методов испытаний в соответствии с применяемыми требованиями стандартов к характеристикам.

Результаты этих испытаний могут использоваться для того, чтобы:

- а) Установить реакцию оборудования на различные радиочастотные помехи, такие как электромагнитные поля излучения высокой интенсивности (HIRF), излучения переносных электронных устройств пассажиров (T-PED), и излучение установленных на ВС систем,
- б) Установить категории, соответствующие определенному радиочастотному испытательному уровню помех проводимости и излучения.

Этих испытаний достаточно для квалификации оборудования на радиочастотную восприимчивость. Может возникнуть необходимость проведения дополнительных испытаний для сертификации установленных на ВС систем в зависимости от функций, которые они выполняют.

20.2 Категории оборудования

Категории оборудования устанавливают уровни радиочастотных испытаний и назначают минимальный уровень радиочастотной восприимчивости. Категории могут быть заданы в стандартах на минимальные эксплуатационные технические характеристики оборудования.

Категории, применяемые для системы или отдельного оборудования, в основном, должны выбираться до того, как станет известна "внутренняя окружающая радиочастотная обстановка" на воздушном судне. Кроме того, многие системы или оборудование разрабатываются с целью их установки на нескольких различных типах ВС. Поэтому, если в технических характеристиках оборудования не указывается категория, то разработчик оборудования должен его испытать и квалифицировать в

соответствии с категорией, установленной с учетом зоны предполагаемого размещения, защищенности от радиоизлучений и особенностей применения.

Обозначение категории оборудования состоит из двух символов. Уровни испытания на восприимчивость к радиочастотным помехам проводимости обозначаются первым символом категории. Уровни испытания на восприимчивость к помехам излучения обозначаются вторым символом категории.

Разработчик для обозначения категории оборудования может использовать три символа. В этом случае уровни испытания на восприимчивость к радиочастотным помехам проводимости обозначаются первым символом категории, уровни испытания на восприимчивость к помехам без модуляции (CW) и с амплитудной модуляцией прямоугольными импульсами типа "меандр" (SW) обозначаются вторым символом категории, а уровни испытания на восприимчивость к импульсным помехам излучения (PM) обозначаются третьим символом категории.

Для помощи разработчику в выборе соответствующих предельных условий испытаний для оборудования и соединительных проводов определены следующие категории, перечисленные ниже. Описания приводятся только для справки. Уровень испытаний определяется местом расположения оборудования, предполагаемым воздействием и расположением соединительной проводки, размером воздушного судна и его конструкцией.

Категории В, D, F, G, L, M, и О обеспечивают уровни испытаний, непосредственно связанные с условиями воздействия внешнего поля излучения высокой интенсивности (HIRF), для систем с самой высокой критичностью, отраженной в нормах HIRF.

Категория "R" представляет испытательные уровни оборудования, когда:

- а) Допускаются стендовые испытания для удовлетворения требований по воздействию полей излучения высокой интенсивности (HIRF) на системы с высокой критичностью, отраженной в нормах HIRF; и
- б) Демонстрируется стойкость к излучению переносных передающих устройств (T-PED).

Категория "S" обеспечивает минимальный испытательный уровень, при котором воздействия на воздушное судно внешних электромагнитных условий незначительны и при которых желательна, но не требуется работа оборудования на воздушном судне без помех. Эта категория может также отражать среду электромагнитных помех, создаваемых бортовым оборудованием внутри летательного аппарата.

Категория "Т" предназначена для обеспечения испытательных уровней при стендовых испытаниях по воздействию полей излучения высокой интенсивности (HIRF) на системы с умеренной критичностью, отраженной в нормах HIRF. Эта категория может также отражать среду электромагнитных помех, создаваемых бортовым оборудованием внутри летательного аппарата.

Категории "W" и "Y" представляют испытательные уровни:

- а) Для стендовых испытаний, проводимых для доказательства соответствия специальным условиям HIRF;
- б) Для демонстрации стойкости к излучению переносных передающих устройств (T-PED).

Категория "Q" предназначена для обозначения испытаний, проводимых при других предельных значениях уровней испытаний или при других видах модуляции, чем те, которые указаны в приведенных методиках испытаний.

Дополнительные рекомендации по выбору категорий приведены в приложении А.

20.3 Общие требования к испытаниям

а. Испытуемое оборудование.

Испытуемое оборудование должно устанавливаться на заземляющую пластину. Необходимо соблюдать следующие требования:

(1) Заземляющая пластина - Должна использоваться заземляющая пластина из меди, латуни или алюминия толщиной не менее 0,25 мм для меди и алюминия; 0,5 мм для латуни, площадью 2,5 м² и более, и минимальной шириной (от лицевой до тыльной части) 0,75 м. При применении экранированных камер заземляющая пластина должна быть соединена с экраном металлическими перемычками с интервалами между ними не более, чем 1 м и с обоих ее концов. Рекомендуется, чтобы сопротивление заземления по постоянному току составляло не более 2,5 мОм.

(2) Амортизаторы ударов и вибраций - Испытуемое оборудование, если это предусматривается фирмой-разработчиком оборудования, устанавливается на раму на амортизаторах ударов и вибраций. Металлические перемычки, которыми оборудуется рама, подсоединяются к заземляющей пластине. Металлические перемычки не используются в испытательной установке, если рамы ими не оборудованы.

(3) Электрическое заземление (металлизация) - Для заземления должны использоваться только средства, указанные в инструкциях описывающих особенности конструкции, и в инструкциях по установке испытуемого оборудования, например, заземления экрана, монтажной рамы и заземляющей пластины.

Заземление оборудования, разъемов и жгутов, проводов должно быть выполнено аналогично применяемому для установки на борту воздушного судна в соответствии с применяемыми чертежами или схемами по установке и подключению. В протоколе испытания должны быть описаны используемые способы металлизации.

(4) Внешний заземляющий вывод - Если имеется внешний вывод для заземления испытуемого оборудования, то он должен соединяться с заземляющей пластиной для обеспечения безопасных условий во время испытания. Должна выбираться длина провода заземления, определенная в инструкциях по установке; если длина не определена, то используется провод соответствующего сечения длиной примерно 30 см.

(5) Соединительные провода (кабели) - Все соединительные провода (например, экранированные провода, скрученные провода и т.д.), кабели испытуемого оборудования и радиочастотные передающие линии должны соответствовать применяемым чертежам или схемам по установке и контролю интерфейсов.

Кабели должны быть собраны в жгуты, подобно тому, как они собираются для прокладки на воздушном судне, и должны находиться на высоте примерно 50 мм над заземляющей пластиной, если для более точной имитации монтажа ВС не задана более значительная высота (которая указывается в отчете по испытаниям). Материал крепежных деталей не должен обладать свойствами поглощения, проводимости и отражения излучения. При сложных конфигурациях кабельных жгутов все жгуты и присоединенные нагрузки должны располагаться отдельно друг от друга на практически возможных расстояниях для того, чтобы минимизировать эффект наведения между кабелями. Соединительные кабели могут прокладываться в одном

направлении с силовыми проводами вдоль кромки испытательного стенда; они должны располагаться отдельно друг от друга на практически возможных расстояниях для того, чтобы минимизировать эффекты связи и затенения между кабелями, если в спецификациях на монтаж отсутствуют другие требования.

Если нет другого указания, то кабели должны быть длиной равной, по меньшей мере, 3,3 м. Если длина жгута соединительных кабелей превышает длину испытательного стенда, кабельный жгут должен располагаться на высоте примерно 50 мм над заземляющей пластиной, при этом избыточная часть складывается в "бухту" позади испытательного стенда. По крайней мере, один метр кабеля, выходящего из испытываемого оборудования, должен проходить на расстоянии 10 см от лицевой части испытательного стенда и быть ей параллельным, как показано на рис.20-2 и на рис.20-9. У сложных жгутов кабелей край первого отдельного жгута должен находиться в 10 см от кромки. Изгибы кабеля у испытываемого оборудования не должны выступать за край заземляющей пластины. Испытуемое оборудование можно отодвигать от края для обеспечения минимального радиуса изгиба кабеля. Расстояние между антенной и испытуемым оборудованием, как показано на рис. 20-2, должно сохраняться.

В некоторых специальных установках может использоваться кабель большой длины, который не уместится на испытательном стенде. В таких случаях рекомендуемая максимальная длина жгутов соединительных кабелей для этих испытаний составляет 15 м. Исключение составляют кабели, длина которых согласована или оговорена, и которые используются для фазового согласования или аналогичных целей.

Любые входы или выходы испытуемого оборудования или другого оборудования или нагрузок, связанных с испытуемым оборудованием, должны подсоединяться с помощью реальных устройств или их имитаторов, учитывая при этом величины зависящих от частоты импедансов "линия – линия" и "линия – земля".

б) Провода питания - При испытаниях жгутов кабелей, прямой и обратный провода питания, которые находятся в жгутах вместе с проводами управления/передачи сигналов, должны оставаться в жгутах и должны отделяться только там, где жгут кабелей выходит из зоны испытания. Эти провода питания должны соединяться с эквивалентом сети (LISN).

Когда неизвестна действительная конфигурация жгута кабелей ВС, или когда прямой и обратный провода питания прокладываются отдельно от проводов управления/передачи сигналов, то провода питания должны отделяться от жгута кабелей вблизи разъема испытуемого оборудования и отдельно подводиться к эквиваленту сети. В этих условиях длина проводов до эквивалента сети должна быть $1,0 \text{ м} \pm 10 \text{ см}$, если в применяемых технических условиях оборудования не указана другая величина. Силовые провода могут прокладываться в одном направлении с соединительными кабелями вдоль кромки испытательного стенда; они должны располагаться отдельно друг от друга на практически возможных расстояниях для того, чтобы минимизировать эффекты связи и затенения между кабелями, если в спецификациях на монтаж отсутствуют другие требования.

Когда в качестве обратного провода применяется местный провод заземления (длиной менее 1 м), этот провод может быть заземлен непосредственно на испытательный стенд в соответствии с применяемыми чертежами или схемами установки и интерфейса оборудования.

7) Эквиваленты антенн или нагрузок - При проведении данного испытания антенные кабели могут иметь нагрузку, равную характеристическому сопротивлению кабелей, или нагрузку в виде эквивалента антенн. В случае, когда используется эквивалент антенны, он должен быть экранирован и рассчитан на электрические характеристики, близкие к характеристикам реальной антенны. Он должен также иметь электрические элементы, обычно используемые в антенне, такие как фильтры, полупроводниковые диоды, сельсины и двигатели.

в. Экранированная камера и испытательное оборудование.

Корпуса, испытательное оборудование и приборы должны быть установлены и должны работать в соответствии со следующими требованиями:

1) Металлизация испытательного оборудования - Испытательное оборудование должно иметь металлические перемычки и должно быть заземлено для сведения к минимуму контуров заземления и обеспечения безопасности персонала.

2) Эквивалент сети питания - Эквивалент сети должен подключаться к каждой первичной линии питания испытуемого оборудования. Для обратных цепей питания, имеющих местное заземление при установке на ВС, эквивалент сети не требуется. Корпус эквивалента сети должен быть соединен с заземляющей пластиной. Для проведения испытаний в полном объеме, когда используются эквиваленты сети с собственными резонансными частотами свыше 10 кГц (например, стандартные эквиваленты на 5 мкГц) между каждым силовым входом эквивалента сети и заземляющей пластиной должен быть подключен конденсатор емкостью 10 мкФ. При выполнении всех испытаний вход эквивалента сети для высокочастотных измерений должен иметь оконечную нагрузку 50 Ом. Характеристики входного полного сопротивления эквивалента сети даны на рис.20-1.

3) Ориентация антенны и ее размещение в экранированных камерах - Симметричные вибраторные, биконические или рупорные антенны должны быть размещены в центре камеры на высоте 0,3 м над уровнем заземляющей пластины и параллельно ей, как показано на рис.20-2. Если в качестве передающей антенны используется пирамидальный рупор, такой, как стандартный рупор или другой излучатель подобного типа, то при этом размеры антенны уменьшаются с ростом частоты, что может привести к необходимости переместить антенну на расстояние от испытуемого устройства, меньше чем 1 м, как показано на рис.20-2. Это может быть выполнено только при условии, что граница зоны дальнего поля антенны находится в пределах этого метрового расстояния. Расстояние между передающей антенной и испытуемым оборудованием должно оставаться равным или быть больше, чем граница зоны дальнего поля передающей рупорной антенны. Разрешается также перемещать антенну от испытуемого оборудования на расстояние, превышающее 1 м.

Если граница зоны дальнего поля передающей антенны меньше или равна 1 м, то тогда допустимо перемещать антенну дальше, чем на 1 м от испытуемого оборудования. Должна выдерживаться соответствующая напряженность поля в зоне испытуемого оборудования. При перемещении передающей антенны на более далекое расстояние будет увеличиваться площадь облучения, при этом изменяется число местоположений антенны при испытании оборудования больших размеров.

Примечание: Граница дальней зоны антенны вычисляется с помощью следующей формулы:

$$X = 2 \cdot D^2 / \lambda$$

где: X – граница дальней зоны антенны в метрах

D – наибольший размер раскрыва передающей антенны в метрах

λ – длина волны на заданной (требуемой) частоте в метрах.

Примечание: Границы дальней зоны менее одного метра от антенны существуют только для частот выше примерно 8 ГГц при использовании весьма маленьких антенн.

Когда ширина диаграммы направленности антенны недостаточна, чтобы охватить испытываемую систему и проводку целиком, то должно быть выполнено большое число сканирований в зоне. Испытуемое оборудование и приблизительно половина длины проводки должны облучаться во время сканирования. При испытаниях в экранированной камере антенна должна быть, по меньшей мере, на расстоянии 0,3 м от стенки камеры. Другие варианты антенн могут использоваться при условии, что будут обеспечены требуемые уровни напряженности полей.

Примечание: Вышеупомянутые утверждения неприемлемы, если используется альтернативная методика испытаний на восприимчивость к облучению, приведенная в разделе 20.6.

4) Инжекторы тока – инжекторы тока должны иметь необходимые характеристики по мощности и диапазону частот. Нормы на вносимые потери для инжекторов тока показаны на рис.20-3. Предлагаемая испытательная установка для измерения вносимых потерь инжектора тока показана на рис.20-4. Отцентрируйте и установите инжектор с помощью зажима.

5) Экранированные камеры– Возможные влияния на оборудование и испытательную установку в экранированной камере должны быть сведены к минимуму на наибольшей возможной площади. ВЧ поглощающий материал должен использоваться во время испытаний с излучением внутри экранированной камеры с целью снижения отражения электромагнитной энергии и для повышения точности и повторяемости результатов измерений. Как минимум, материал должен помещаться над, сзади и с обеих сторон испытываемого оборудования и сзади излучающей антенны, как показано на рис. 20-2. Минимальные рабочие характеристики материала должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 20.1. Допустима спецификация изготовителя на радиопоглощающий материал (только в качестве исходного, а не устанавливаемого).

Примечание: Вышеупомянутые рекомендации неприемлемы в том случае, когда используются альтернативные методики испытаний на восприимчивость к радиоизлучению, изложенные в разделе 20.6 и приложении С.

Для осуществления контроля восприимчивости к радиочастотам, испытательное оборудование и датчики можно снабдить волоконно-оптическими средствами сопряжения. Конструкция и защита вспомогательных испытательных средств, контрольных приборов и устройств моделирования нагрузки должна обеспечивать соответствующую имитацию, изоляцию и устойчивость схем сопряжения испытательного оборудования к ВЧ токам.

(6) Гармоники усилителей – Искажение синусоидальных сигналов восприимчивости, вызванное нелинейностями силовых усилителей, может привести к ошибочной интерпретации результатов. При наличии искажений испытуемое оборудование может в действительности реагировать на гармонику заданной частоты восприимчивости, на которой требуемое ограничение может быть ниже. Если для контроля инжектированного уровня используются приемники с селекцией частот, то, сами по себе, искажения не препятствуют оценке уровня сигнала восприимчивости на выбранной частоте. Однако, должна проверяться восприимчивость на частотах гармоник, если она присутствует, для того, чтобы оценить влияние гармоник на результат. В случае применения широкополосных датчиков искажение может привести к погрешности датчика, неверно представляющего требуемый уровень сигнала на выбранной частоте. В этом случае необходимо контролировать искажения, чтобы измерения уровней были точными.

с. Измерение амплитуды

Амплитуды электромагнитных воздействий соответствующих категорий определяются по максимальному значению среднеквадратической огибающей за весь период модуляции, как показано на рис. 20-5. Измерения амплитуды должны производиться способом, который четко устанавливает пиковую амплитуду модулированного сигнала. Этот прибор должен иметь довольно высокую временную характеристику, чтобы реагировать на изменения амплитуды сигнала, особенно это относится к разделу 20.6. Можно использовать анализатор спектра. Полоса спектра частот детектирования, разрешающая способность и полоса тракта видеочастот измерительного устройства должна быть шире, чем частота модуляции. Ширина полосы частот измерителя должна возрастать до тех пор, пока амплитуда измеряемого сигнала изменится не более чем на 1 дБ для трехкратного изменения ширины полосы пропускания. Эта ширина полосы частот должна использоваться для испытаний. При правильной установке частоты отдельные боковые полосы модуляции должны подавляться. При проведении испытания на восприимчивость к помехам проводимости, указанного в параграфе 20.4, в качестве устройства для измерения амплитуды можно использовать осциллограф. Он должен иметь ширину полосы частот аналоговых сигналов, совместимую с предельной верхней частотой испытательных сигналов: сопротивление входов должно равняться 50 Ом.

д. Исключение частот при испытании.

Радиоприемное оборудование может демонстрировать чувствительность к внутриполосным частотам приема во время испытаний на восприимчивость. Эта чувствительность обычна для радиотехнических устройств, которые должны быть чувствительны в соответствии с минимальными требованиями к рабочим характеристикам приемника. Такая чувствительность является нормальной, и во время испытаний, возможно, эти частоты следует исключить или же снизить уровни на этих частотах.

Если в соответствующих стандартах минимальных технических требований к приемникам нет других указаний, то на радиоприемники распространяется следующее исключение, касающееся полосы частот. В полосе частот, начальная точка которого лежит на 10% ниже наименьшей рабочей частоты, а конечная точка превышает на 10% наибольшую рабочую частоту, испытания должны проводиться при уровнях категории S. Требуемые рабочие характеристики приемника должны быть указаны в методике и акте испытаний или в стандарте на рабочие характеристики определенного приемника. В диапазоне частот, начинающемся на уровне, лежащем на один процент ниже частоты настройки радиоприемника, и заканчивающемся на уровне, превышающем на один процент частоту настройки приемника, испытания должны проводиться при уровнях категории S только для оценки повреждений.

Данное испытание не призвано оценивать соответствие характеристик частотной избирательности радиоприемников стандартам минимальных технических требований и определять характеристики радиоприемника при наличии помех излучения или проводимости на входах приемника. Реакция приемника на помехи, проникающие по линиям питания, управления и передачи сигналов, либо поступающие за счет непосредственной связи через кожух приемника, должна оцениваться по критерию "проходит – не проходит", базирующемуся на конкретной спецификации приемника или на требованиях к характеристикам.

е. Скорость изменения частоты при испытаниях.

Частоты качания или скачков должны выбираться с учетом времени реакции испытуемого оборудования, его ширины полосы восприимчивости и времени реакции контрольно-испытательного оборудования. Заданная скорость изменения частоты должна быть обоснована данными критериями и документально представлена в акте испытания.

Для испытательного оборудования, которое создает излучение на дискретных частотах, минимальное число испытательных частот должно быть 100 частот на декаду выше 100 кГц и 10 частот на декаду ниже 100 кГц. Испытательные частоты должны быть логарифмически разнесены. В качестве примера (на частотах выше 100 кГц), формула для расчета испытательных частот в порядке возрастания будет иметь вид:

$$F_{n+1} = F_n * 10^{(1/100)},$$

где: F_n – испытательная частота, а n = от 1 до m ;

F_1 – начальная частота;

F_m – конечная частота;

$m = 1 + 100 * \log(f_m / f_1)$; величина округляется до ближайшего целого числа.

Если на последнем шаге после f_{n-1} частота превысит f_m , то последняя частота выбирается равной f_m .

Время выдержки на каждой частоте испытаний должно быть равным, по крайней мере, 1 сек., в него не входит время настройки испытательного оборудования. Может быть необходимым дополнительное время выдержки на каждой частоте испытания, чтобы обеспечить изучение функционирования испытуемого оборудования в соответствующих рабочих режимах и сделать возможным “время отключения” во время низкочастотной модуляции. Следует обеспечить, по крайней мере, два полных периода модуляции. Например, если применяется модуляция прямоугольными импульсами частотой 1 Гц, время выдержки должно быть больше двух секунд. Выбранное время выдержки должно быть обосновано временем реакции испытуемого и испытательного оборудования, а также применяемым видом модуляции, и документально представлено в акте испытания. Это требование не распространяется на раздел 20.6 и приложение С.

У испытательного оборудования, которое создает непрерывное качание частоты, минимальное время изменения частоты должно равняться числу дискретных частот на декаду, умноженному на время выдержки, т.е. 100 дискретных частот на декаду $\times$ время выдержки – 1 сек = время изменения частоты = 100 сек на декаду. Минимальное время изменения частоты должно использоваться только в том случае, когда испытуемое оборудование и соответствующее испытательное оборудование способны полностью реагировать на испытательное воздействие. Как правило, требуется большее время, чем описано выше.

Примечание: Дополнительные контрольные частоты следует включать для известных частот реакции оборудования, таких как частоты изображения ($nLO \pm IF$; где n включает все целые числа от 2 до 10, LO является частотой гетеродина, а IF - промежуточной частотой), IFs - тактовые частоты и т.д.

f. Данные, которые необходимо включать в акт испытаний

В акт испытаний должны включаться (непосредственно или путем ссылки) данные об испытательной установке и результатах испытаний:

1. Конфигурация кабеля(ей) – Должны быть указаны длины всех жгутов кабелей, типы проводов, экранов и заделок экранов (включая индивидуальную и общую экранировку); должна быть указана схема проводки измерительной аппаратуры.
2. Схемы испытательных установок – Принципиальные схемы, блок-схемы или фотографии всех испытательных установок, на которых должны быть отражены расположение соединительных кабелей, места ввода сигналов, положение измерительных датчиков, и методы металлизации испытуемого оборудования.
3. Режим(ы) работы оборудования – Режим(ы) работы, используемые при испытаниях.
4. Нагрузка (нагрузки) – Описание всех нагрузок, как реальных, так и моделируемых. Для моделируемых нагрузок должна быть указана степень моделирования полного сопротивления между линией и другими линиями и между линиями и корпусом (землей).
5. Критерий "проходит – не проходит" – Описание критерия.
6. Результаты испытаний.

20.4 Восприимчивость к помехам проводимости.

a. Применение/назначение.

Оборудование и соединительные провода или цепи подвергают воздействиям испытательных сигналов в соответствии с заданной категорией, указанной на рис.20-6, с контролем наведенного тока в жгутах кабелей. Испытанию на воздействие помех проводимости подвергаются все жгуты и ответвления от них, которые соединяют испытуемое оборудование с другим оборудованием или блоками системы воздушного судна.

Для всех категорий ток, наведенный в испытуемом жгуте проводов, используется для установления уровня испытаний, а предельный параметр испытаний задается мощностью в инжекторе.

Соединительные провода могут испытываться как единое целое, или в виде отдельных проводов. Для оборудования со встроенным резервированием может потребоваться одновременное воздействие отдельных инжекторов на несколько жгутов. Обратные провода питания или провода заземления, непосредственно заземленные на испытательный стенд в соответствии с требованиями п.20.3a(6), не следует включать в испытуемый жгут и подвергать испытаниям.

б. Калибровка инжектора.

Соберите установку, состоящую из генератора сигналов, усилителя мощности, направленного ответвителя, аттенюатора, устройства измерения амплитуды и поместите инжектор тока в калибровочное устройство в соответствии с рис.20-7. Закрепите и отцентрируйте инжектор в устройстве, установите генератор сигналов на частоту 10 кГц без модуляции. Увеличивайте выходную мощность усилителя, подаваемую через направленный ответвитель на инжектор на частоте 10 кГц, до тех пор, пока на устройстве измерения амплитуды №1 не будет показана величина измеренного тока или мощности, соответствующая выбранной категории, представленной на рис.20-6.

ВНИМАНИЕ: ВЧ поля могут быть опасными из-за паразитного излучения от калибровочной установки. Соблюдать соответствующие нормы по ВЧ воздействиям.

Измеряют измерителем амплитуд №2 мощность прямого сигнала от генератора/ усилителя мощности, подаваемого на инжектор.

Затем выполняют сканирование частоты сигнала (немодулированного), фиксируя величину подаваемой мощности прямого воздействия на измеритель амплитуд №2 с поддержанием величины мощности для соответствующего инжектора в диапазоне 10кГц – 400МГц в соответствии с таблицей 20-2 и/или рис.20-6 с помощью измерителя амплитуд #1. График уровня мощности прямого воздействия используется для определения соответствия заданному уровню испытания на восприимчивость к помехам проводимости в зависимости от испытываемой категории согласно 20.4.d.

Коэффициенты стоячей волны по напряжению (КСВН) для аттенюаторов и нагрузок должны быть меньше, чем 1,2:1. КСВН калибровочной установки без инжектора не должен превышать величин, представленных на рис.20-8.

с. Испытательная установка для проведения испытаний на восприимчивость к помехам проводимости

Испытуемое оборудование, проводку, цепи сопряжения и испытательное оборудование собирают в соответствии с рис.20-9. В испытательных установках с экранированными кабелями, которые включают расположенные на одной линии разъемы (например, на стойках бортовых установок или перегородках), выводы экрана должны быть подняты над землей, чтобы ток протекал по экрану, как минимум, на расстояние 3 м. Устанавливают пробник контроля наведенного тока на расстоянии 5 см от испытываемого оборудования. Если суммарная длина разъема оборудования и его корпуса превышает 5 см, то контрольный пробник размещают как можно ближе к разъему и это положение регистрируют. Выполняют центровку пробника и его крепление. Устанавливают инжектор в 5 см от контрольного пробника.

д. Порядок выполнения испытаний на восприимчивость к помехам проводимости

Определяют подходящие места для размещения датчиков, программные средства, режимы работы и устойчивость испытываемого оборудования, испытательной аппаратуры и всех контролируемых схем и нагрузок.

ВНИМАНИЕ: Радиочастотные поля могут быть опасны из-за паразитного излучения от испытываемого кабельного жгута. Соблюдайте нормы по ВЧ воздействиям.

Генератор сигналов настраивают на частоту 10 кГц. Устанавливается мощность прямого сигнала для получения наведенного тока в жгуте кабелей, определенная для выбранной категории в соответствии с таблицей 20-2 и/или рис.20-6. В случае необходимости, мощность прямого сигнала ограничивается величиной, не превышающей более чем на 6 дБ

калибровочную величину, определенную во время калибровки пробника, рассмотренной в разделе 20.4.b. Сканирование в диапазоне частот производится при определенном уровне тока в жгуте, при этом не допускается превышение предельной мощности прямого сигнала. Зарегистрированные величины наведенного тока и приложенной мощности прямого сигнала указываются в акте испытаний.

Предусматривают необходимые задержки на частотах внутренней модуляции, тактовых частотах, частотах передачи данных, и других критических значениях частоты. В случае модуляции необходимо обеспечить соответствие пиковой амплитуды определениям, указанным в разделе 20.3.c и на рис. 20-5.

При сканировании выполняют оценку функционирования испытываемого оборудования и ОПРЕДЕЛЯЮТ СООТВЕТСТВИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫМ НТД.

е. Модуляция сигналов при испытаниях на восприимчивость помех проводимости

Использовать немодулированный сигнал и сигнал, модулированный прямоугольными импульсами типа "меандр". Модулировать ВЧ несущую прямоугольными импульсами с частотой 1 кГц при глубине модуляции более 90%.

Также рассмотреть применение других видов модуляции, характерных для испытываемого оборудования, например, модуляцию тактовой частотой, частотой передачи данных, промежуточной частотой, частотой внутренней обработки данных или модуляции. Особо рассмотреть любую возможную реакцию испытываемого оборудования на низких частотах, например, реакцию системы управления ВС при модуляции частотой 1 Гц в ВЧ диапазоне от 2 до 30 МГц. Как вариант, испытания можно проводить, используя только модуляцию, к которой испытываемое оборудование наиболее восприимчиво.

20.5 Радиочастотные испытания на восприимчивость к помехам излучения

а. Применение/назначение.

Испытываемое оборудование и его соединительные кабели подвергают воздействию радиочастотных полей с уровнями, соответствующими категориям, указанным в таблице 20-3 и на рис.20-10.

б. Калибровка полей излучения

Следует выполнять калибровку поля в испытательной камере до установки в камеру испытываемого оборудования, чтобы правильно определить напряженность поля для выбранной категории.

Внимание: Радиочастотные поля могут быть опасны. Следует соблюдать соответствующие нормы по воздействию радиочастотного излучения.

Произведите калибровку поля не модулированного излучения, используя трехосевую всенаправленную антенну (изотропный зонд) или ее эквивалент с соответствующей частотной характеристикой. Изотропный зонд должен быть сцентрирован примерно в том же положении, которое занимает испытываемое оборудование (EUT) на заземленном экране, на высоте 30 см над ним. В качестве альтернативы зонд может быть установлен и в другом положении внутри экранированной камеры на высоте 30 см над заземленным экраном при

аналогичной конфигурации поглотителя. Облучайте изотропный зонд не модулированным сигналом на заданной испытательной частоте.

Подавайте мощность прямого излучения на передающую антенну для задания суммарной напряженности поля, измеренной с помощью изотропного зонда, для выбранной категории испытаний оборудования. Суммарная напряженность поля определяется как корень квадратный из суммы квадратов ортогональных составляющих. Зарегистрируйте мощность прямого излучения и используйте эту мощность при испытаниях оборудования на воздействие полей излучения. Повторите данные измерения на нужном частотном диапазоне.

Примечание: Данная калибровка должна выполняться перед каждым испытанием. Не разрешается использовать данные калибровки одного испытания при другом испытании, за исключением случаев, когда оборудование не отключалось после выполнения калибровки. Если какое-либо оборудование, находящееся в контуре калибровки, отключалось (в том числе коаксиальные кабели, провода, антенны, волноводы, и т. д.), то до проведения/продолжения испытаний необходимо проверить достоверность калибровки.

Мощность прямого излучения, необходимая для обеспечения напряженности поля заданной категории в изотропном зонде при использовании немодулированного (CW) сигнала, считается эталонной мощностью прямого излучения. Сигналы с модуляцией прямоугольными импульсами (SW) и сигналы с импульсной модуляцией (PM) должны задаваться таким образом, чтобы обеспечивалась та же мощность прямого излучения, подаваемая на передающую антенну, что и при калибровке (отметим, что все уровни выражены в "пиковых среднеквадратичных" значениях, как указано в разделе 20.3с и на рис.20-5.). Можно использовать соответствующие масштабные коэффициенты, если калибровка немодулированного сигнала произведена на другом уровне, чем тот, который необходим для задания напряженности поля сигнала с модуляцией прямоугольными импульсами или импульсной модуляцией.

Мощность прямого излучения, подаваемого на передающую антенну, должна контролироваться и регистрироваться с помощью измерителя амплитуды, который отвечает требованиям, указанным в разделе 20.3.с.

Требуются передающие антенны, создающие поле с вертикальной и горизонтальной поляризацией. Не допускаются передающие антенны с круговой поляризацией.

с. Установка для испытаний на восприимчивость к помехам излучения

Устанавливают испытуемое оборудование, проводку, соответствующие цепи сопряжения и испытательное оборудование в соответствии с рис.20-2.

Генераторы сигналов, усилители, антенны и инжекторы должны обеспечить заданный уровень радиочастотного поля для облучения испытуемого оборудования и соединительных проводов.

Антенны должны быть расположены и направлены так, чтобы требуемая напряженность радиочастотного поля создавалась в зоне, охватывающей испытуемое оборудование и соединительную проводку. Следует определить точки 3 дБ поля излучения, используя спецификации на ширину луча антенны или составив схему зоны, в которой должно быть установлено оборудование. Ширина луча антенны, которая использовалась при испытаниях, должна быть указана в акте испытаний. Если шириной луча антенны, соответствующей точкам 3 дБ, не полностью охватывается испытуемое оборудование и провода, то должны быть выполнены сканирования нескольких областей. Окна в испытуемом оборудовании (т.е. индикаторы, ЭЛТ, соединители) должны быть направлены непосредственно на

передающую антенну, для чего может потребоваться дополнительное изменение положения сменных блоков или антенны. При испытаниях требуется вертикальная и горизонтальная ориентация передающей антенны. Все поверхности оборудования, которые не направлялись на передающую антенну, должны быть указаны в отчете по испытаниям. Расстояние от антенны, использованное при калибровке, должно быть таким же, как используемое при испытаниях.

d. Методика испытаний на восприимчивость к помехам излучения.

Задайте соответствующие места установки антенн и изотропного датчика поля, установите программное обеспечение, задайте режимы работы и обеспечьте устойчивость испытуемого оборудования, испытательного оборудования и всех контрольных схем и нагрузок. Изотропный датчик используется для проверки правильности функционирования канала передачи. Напряженность приложенного поля определяется при калибровке мощности прямого сигнала в соответствии с разделом 20.5. b.

ВНИМАНИЕ: Радиочастотные поля могут быть опасны. Соблюдайте нормы радиочастотного облучения.

Используйте значения мощности прямого излучения, установленные при калибровке поля излучения. При модуляции сигнала убедитесь в том, чтобы пиковая амплитуда соответствовала определениям, указанным в разделе 20.3с и на рис.20-5.

Сканируйте частотный диапазон до верхнего предела частоты, используя соответствующие типы модуляции. В соответствии с требованиями делайте выдержки на частотах, равных частоте внутренней модуляции, частоте передачи данных и тактовой частоте. Во время сканирования оценивается работа испытуемого оборудования и **ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ СООТВЕТСТВИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫМ НТД.**

e. Виды модуляции.

Для категории R используются следующие уровни и виды модуляции:

В диапазоне от 100 до 400 МГц используют немодулированный сигнал с напряженностью 20В/м. Также используют модуляцию несущей прямоугольными импульсами типа "меандр" с напряженностью 20В/м, с частотой 1 кГц и глубиной не менее 90%.

В диапазоне от 400 МГц до 8 ГГц используют импульсную модуляцию с напряженностью 150 В/м, с коэффициентом заполнения 4% и частотой повторения импульсов 1 кГц. Данный сигнал должен также включаться и выключаться с частотой 1 Гц и коэффициентом заполнения 50% для имитации влияния вращения антенны радиолокатора.

Для категорий S, T, W и Y используют следующие виды модуляции:

В диапазоне от 100 МГц до верхнего частотного предела (Рис.20-10) используют немодулированный сигнал, а также сигнал с модуляцией несущей прямоугольными импульсами типа "меандр", имеющими частоту 1 кГц и глубину не менее 90%. Также рассматривается использование дополнительных видов модуляции, связанных с испытуемым оборудованием, например, модуляция тактовой частотой, промежуточной частотой, частотой передачи данных, частотой внутренней обработки или модуляции.

Для категорий В, D, F, G и L используются следующие виды модуляции:

При испытаниях на соответствующих уровнях SW/CW, указанных в таблице 20-3 в диапазоне от 100 МГц до 18 ГГц используют немодулированный сигнал, а также сигнал с модуляцией несущей прямоугольными импульсами типа "меандр", имеющий частоту 1 кГц и глубину не менее 90%. Также рассматривают использование дополнительных видов модуляции, связанных с испытуемым оборудованием, например, модуляция тактовой частотой, промежуточной частотой, частотой передачи данных, частотой внутренней обработки или модуляции.

В диапазоне от 400 МГц до 4 ГГц используют испытательный сигнал соответствующего уровня с импульсной модуляцией, имеющий ширину импульса 4 мкс (или более) и частоту повторения 1 кГц. В диапазоне от 4 до 18 ГГц используют сигнал соответствующего уровня с импульсной модуляцией, имеющий ширину импульса 1 мкс (или более) и частоту повторения импульсов 1 кГц. Особо учитывают включение и выключение сигналов с частотой 1 Гц и коэффициентом заполнения 50% для испытуемого оборудования, которое может реагировать на сигналы низкой частоты (например, система управления ВС).

Для всех категорий: На частотах, превышающих 1 ГГц, допускается использовать SW модуляцию с напряженностью поля, превышающей в 1,42 раза напряженность поля немодулированного сигнала для того, чтобы одновременно удовлетворить требования немодулированного и модулированного сигнала (например, испытания модулированным сигналом с напряженностью 142 В/м и коэффициентом заполнения 50% удовлетворяют требованиям квалификационных испытаний немодулированным сигналом с напряженностью 100 В/м и модулированным сигналом).

20.6 Испытания на восприимчивость к помехам излучения.

Альтернативная методика – применение реверберационной камеры

20.6.1 Применение/Назначение.

Испытуемое оборудование и его соединительные кабели подвергают воздействию радиочастотных полей в соответствии с категориями, указанными в таблице 20-3 и/или на рис.20-10.

20.6.2 Методика

В данном разделе рассматривается альтернативная методика испытаний на восприимчивость к излучаемым помехам с использованием реверберационной камеры. При испытаниях в реверберационной камере углы поляризации и облучения у поля, действующего на испытуемое оборудование, изменяют путем *непрерывного* поворота металлического тюнера. На каждой частоте требуется один полный поворот металлического тюнера. Задается заранее установленный уровень мощности для подачи на испытуемое оборудование требуемого расчетного поля (в пределах нескольких градусов статистической погрешности).

Методика испытаний состоит из следующих основных шагов:

а. Перед сборкой испытательного стенда и испытуемого оборудования:

Должна быть выполнена базирующаяся на характеристиках калибровка однородности поля для того, чтобы подтвердить адекватность характеристик реверберационной камеры после ее изготовления или существенной модификации. Калибровка камеры производится с целью демонстрации соответствия камеры требованиям однородности поля, приведенным в настоящей методике. Кроме того, важно определить наименьшую рабочую частоту (LUF)

используемой реверберационной камеры. Рассматриваемая калибровка однородности поля камеры относится ко всему испытательному/рабочему объему, который включает в себя место установки стенда для испытаний на помехи проводимости внутри реверберационной камеры. Калибровку камеры выполняют с использованием шагового режима работы реверберационной камеры. Режим работы с непрерывным вращением тюнера не допускается в связи с ограничениями датчика электрического поля. Измерения однородности поля должны выполняться при удаленном из камеры стенде для испытаний на помехи проводимости. Испытания должны проводиться в 9-ти точках по трем осям (x, y, z) в каждой точке, т.е. полное число измерений должно равняться 27 (раздел 20.6.3.1). Поле внутри камеры считается однородным, если стандартное отклонение находится в пределах 3 дБ на частотах выше 400 МГц, а линейность наклонной части характеристики (в полулогарифмическом масштабе) лежит в пределах от 6 до 3 дБ на частотах от 100 до 400 МГц.

б. Перед началом испытаний, когда испытательный стенд и испытуемое оборудование установлены внутри камеры.

Типовая испытательная установка должна быть такой, как показано на рис. 20-13. Компоновка оборудования должна отражать реальное размещение, соответствующее требованиям Раздела 20.3.а.(5). Испытуемое оборудование должно находиться внутри рабочего объема, заданного в разделе 20.6.3.1.

В качестве передающей и приемной антенн должны быть те же антенны, которые использовались в разделе 20.6.3.1.

Приемная антенна должна находиться внутри рабочего объема (см. секцию 20.6.3.1). Необходимо установить программное обеспечение, задать режимы устойчивой работы испытуемого оборудования, испытательного оборудования, всех контролирующих цепей и нагрузок.

- i. Ввести непрерывный (CW) сигнал в камеру с помощью передающей антенны. Контролировать максимальную мощность прямой волны во время поворота тюнера с помощью направленного ответвителя и соответствующего измерительного устройства, т.е. датчика радиочастотной мощности или анализатора мощности.
- ii. Контролировать мощность, принимаемую приемной антенной, помещенной внутри рабочего объема камеры, на протяжении поворота тюнера. Если используется несколько тюнеров, время измерения должно соответствовать скорости наиболее медленного тюнера.
- iii. Определить пиковую напряженность поля внутри камеры, используя следующее уравнение:

$$E_{\max} = \sqrt{\frac{377 \times 8 \times \pi \times P_{rcv\max}}{\lambda^2}},$$

где:

$E_{\max}$ = максимальная напряженность поля внутри камеры (В/м)

$P_{rcv\max}$ = максимальная зарегистрированная мощность, измеренная за один поворот тюнера (Вт)

λ = длина волны на испытательной частоте (м)

- iv. Зарегистрировать максимальную мощность прямой волны и максимальную напряженность поля во время полного поворота тюнера.
- v. Перейти к следующей испытательной частоте.
- vi. Повторить шаги, начиная с (i) по (v).

Примечание: Мощность прямой волны и принятая мощность, полученные при данной калибровке, сохраняют линейную зависимость (т.е. когда мощность прямой волны увеличивается на 6 дБ, принятая мощность также увеличивается на 6 дБ). Это соотношение также распространяется на испытания импульсами.

с. Испытание оборудования

- i. Используя информацию, полученную в процессе калибровки камеры (20.6.3.1), рассчитать заданную мощность прямой волны с помощью следующего уравнения:

$$P_{\text{Target}} = 20 \times \log\left(\frac{E_{\text{desired}}}{E_{\text{max}}}\right) + P_{\text{Fwd}}$$

где:

P_{Target} = Заданная мощность прямой волны (дБм)

E_{desired} = Желаемая напряженность поля внутри камеры (V/m)

E_{max} = напряженность поля, измеренная в разделе 20.6.2.b (V/m)

P_{Fwd} = Мощность прямой волны, измеренная в разделе 20.6.2.b (дБм)

- ii. Поворачивать тюнер со скоростью 4 оборота в минуту на частотах ниже 1 ГГц, 2 оборота в минуту на частотах выше 1 ГГц или медленнее, непрерывно прилагая мощность для одного поворота тюнера. При стробированной модуляции (например, стробирование частотой 1 Гц категории R) скорость вращения тюнера должна быть уменьшена в соответствии с циклом стробирования (например, цикл стробирования, равный 50%, уменьшает скорость вращения тюнера до 2 об/мин). Разрешается останавливать вращение тюнера, если мощность продолжает непрерывно подаваться и скорость вращения тюнера между остановками не превосходит 4 оборотов в минуту.
- iii. На соответствующей испытательной частоте увеличить мощность прямой волны до P_{Target} , проверить значение мощности прямой волны направленным ответвителем и измерительным устройством, замеряя пиковую мощность прямой волны во время полного поворота тюнера.
- iv. Убедиться в том, что приемная антенна присоединена к соответствующему контрольному устройству для контроля мощности приемной антенны во время полного поворота тюнера. Если контрольное оборудование ограничивается шумовым порогом, то необходимо предпринять дальнейшие действия, касающиеся приемной антенны. Если мощность в антенне не обнаружена, должны быть проведены дальнейшие исследования, чтобы убедиться в наличии поля в реверберационной камере. Без подтверждения того, что мощность поступает в приемную антенну, результаты испытания не считаются достоверными.
- v. Перейти к следующей испытательной частоте.
- vi. Повторить шаги, начиная с (i) по (v).

Продвигаться по частотному диапазону до верхней предельной частоты, используя соответствующую модуляцию. Производите модуляцию несущей частоты в соответствии с разделом 20.5. При подаче модулирующего сигнала убедитесь в том, что максимальная амплитуда совпадает с определениями на рис.20-5. По требованию производится проверка внутренней модуляции, частоты данных и тактовой частоты.

На каждой частоте оценить работу испытываемого оборудования и ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫМ НТД в течение вращения тюнера.

20.6.3 Калибровка: Проверка однородности поля и нагрузки камеры

В качестве начального этапа установления характеристик камеры и требований к входной мощности произведите "единичную" калибровку пустой камеры (без испытываемого оборудования), используя методику, изложенную в 20.6.3.1. Предполагается, что калибровка пустой камеры будет выполняться раз в году или после существенных модификаций реверберационной камеры.

Для выполнения нормальных операций нижняя частота испытаний (f_s) должна быть равна 100 МГц, а однородность поля демонстрируется на протяжении первой рабочей декады. Если выбрана рабочая частота, отличающаяся от 100 МГц, например, когда для генерации поля с высокой напряженностью используется камера небольших размеров, однородность поля также должна проверяться на протяжении первой рабочей декады. Частотой, при которой камера может использоваться для выполнения измерений, является частота, при которой удовлетворяется требование однородности поля, указанное на рис. 20-11.

20.6.3.1 Проверка однородности поля

- i. Очистите рабочую область (т.е. удалите испытательный стенд) и установите приемную антенну на место в рабочей области камеры, указанное в примечаниях к рис. 20-12. Для контроля точной настройки приемной антенны установите прибор, измеряющий амплитуду.
- ii. Установите датчик электрического поля на периметре рабочей области камеры так, как показано на рис. 20-12.
- iii. Начиная с наименьшей частоты испытаний (f_s), регулируйте источник радиочастотного излучения так, чтобы подавать соответствующую входную мощность P_{inputs} в передающую антенну. Передающая антенна не должна напрямую облучать рабочую область или приемные антенны и датчики. Оптимальной конфигурацией является та, при которой антенна источника направлена в один из углов камеры. Частота должна находиться в диапазоне частот как передающей, так и приемной антенны, которые должны иметь линейную поляризацию.
- iv. Поворачивайте тюнер в диапазоне 360° дискретными шагами (шаговый режим работы), и на каждом шаге предусматривайте выдержку времени, достаточную для надлежащего выполнения замеров прибором для измерения амплитуды и датчиком электрического поля. На каждом шаге должно выполняться одинаковое угловое перемещение. Минимальным числом положений тюнера является то, при котором еще удовлетворяются требования к однородности поля. Максимальное число положений определяется тем, что каждый шаг должен обеспечивать такое изменение картины поля в камере, которое достаточно для признания его статистически значимым при независимой выборке.
- v. При вращении ротора регистрируйте максимальную напряженность поля ($E_{Maxx,y,z}$) по каждой оси датчика электрического поля, максимальную полную векторную напряженность поля (E_{Total}) и среднюю величину входной мощности (P_{Input}).

Примечание: Величина входной мощности $P_{\text{Input-Energy}}$ представляет собой мощность прямой волны, усредненную за поворот тюнера, а максимальная полная напряженность электрического поля равна среднеквадратической сумме (RSS) величин ортогональных компонентов в одном положении тюнера. Все калибровки производятся для конкретной антенны. Замена антенн может привести к аннулированию калибровок. Все измерения мощности производятся на выводах антенны. Данная методика дает базовые величины коэффициента полезного действия логопериодической и рупорной антенн. Могут использоваться и другие типы антенн, если известны их коэффициенты полезного действия. Коэффициентом полезного действия антенны называется отношение мощности, принятой антенной, к полной мощности в месте измерения. Для измерения требуется сферическое сканирование антенны. Типовой коэффициент усиления и фактор антенны, предоставляемые изготовителем антенны, не могут использоваться для определения коэффициента полезного действия антенны.

- vi Повторите указанные выше операции на частотах, разнесенных в логарифмическом масштабе, как показано в табл. 20-4, до частоты, равной, как минимум $10f_s$.
- vii. Повторите операции на каждом из девяти мест установки датчиков, указанных на рис. 20-12, и при девяти положениях антенны (одно из которых должно быть в центре рабочей области) на частотах до $10f_s$.

Примечание: Приемная антенна должна перемещаться в новое положение внутри рабочей области при каждом изменении положения датчика. В каждом положении антенна должна быть по-новому ориентирована относительно оси камеры (не менее 20° по каждой оси). Для справки: x = длина камеры (наибольший размер), y = ширина камеры, и z = высота камеры. Ориентировки датчика относительно осей камеры во время калибровки не требуется.

Необходимо обращать внимание на сохранение надлежащего расстояния между антенной и датчиком. Каждое положение должно находиться на расстоянии, равном, как минимум, $0,75$ м (или $\lambda / 4$ на минимальной испытательной частоте), от любого предыдущего положения. Если приемная антенна должна устанавливаться в фиксированном положении во время стандартных испытаний, рекомендуется выбирать при калибровке одно из положений, совпадающее с предполагаемым постоянным местом установки приемной антенны.

- ix. Используя данные, полученные на шаге (v), произведите нормализацию каждого максимального измерения датчика электрического поля по отношению к корню квадратному из средней входной мощности:

$$E_{x,y,z} = \frac{E_{\text{Max } x,y,z}}{\sqrt{P_{\text{Input}}}},$$

где:

$E_{\text{Max } x,y,z}$ — максимальное измерение по каждой оси датчика (т.е. 27 измерений на частотах ниже $10f_s$),

$E_{x,y,z}$ – нормализованное максимальное измерение по каждой оси датчика, и

P_{Input} – средняя входная мощность, поступающая в камеру во время поворота тюнера, при котором регистрировалась $E_{\text{Max},x,y,z}$,

и:

$$E_{\text{Total}} = \frac{E_{\text{MaxTotal}}}{\sqrt{P_{\text{Input}}}},$$

где:

E_{MaxTotal} – максимальная измеренная напряженность полного электрического поля датчиком, находящимся в различных положениях (т.е. 9 измерений на частотах ниже $10f_s$),

E_{Total} – нормализованная максимальная полная измеренная напряженность при каждом положении датчика, и

P_{Input} – средняя входная мощность, поступающая в камеру во время поворота тюнера, при котором регистрировалась $E_{\text{Max},x,y,z}$,

- х. На каждой калибровочной частоте для каждой оси датчика электрического поля рассчитайте среднее значение нормализованных максимальных измеренных величин напряженности $\langle E_{x,y,z} \rangle$:

На каждой частоте ниже $10f_c$:

$$\langle E_x \rangle_9 = (\sum E_x) / 9$$

$$\langle E_y \rangle_9 = (\sum E_y) / 9$$

$$\langle E_z \rangle_9 = (\sum E_z) / 9$$

Рассчитайте также среднее значение нормализованных максимальных величин напряженности, измеренных датчиком электрического поля, задавая одинаковый весовой коэффициент для каждой оси (т.е. для каждого ортогонального компонента), $\langle E \rangle_{27}$:

$$\langle E \rangle_{27} = (\sum E_{x,y,z}) / 27$$

Примечание: Знаком $\langle \rangle$ обозначается среднее арифметическое, т.е.

$$\langle E \rangle_{27} = (\sum E_{x,y,z}) / 27$$

представляет собой сумму 27-ми ортогональных максимумов напряженности электрического поля (нормализованных), деленную на число измерений.

- xi На каждой частоте ниже $10f_s$ указанным ниже способом проверить соответствие камеры требованиям однородности поля:

(а) Мерой однородности поля считается среднеквадратическое отклонение от среднего значения максимальных величин, полученных в каждом из девяти положений во время одного поворота тюнера. При расчете

среднеквадратического отклонения используются независимо данные каждой оси датчика (например, σ_x) и полная совокупность данных (например, σ_{27}). (ВНИМАНИЕ: НЕ путайте "полную совокупность данных" с полным электромагнитным полем).

Среднеквадратическое отклонение выражается формулой:

$$\sigma = \alpha \times \sqrt{\frac{\sum (\ddot{E}_i - \langle \ddot{E} \rangle)^2}{n-1}},$$

где:

n – число измерений

$\ddot{E}_i$ – индивидуальное нормализованное измеренное значение напряженности электрического поля

$\langle \ddot{E} \rangle$ – среднее арифметическое нормализованных измеренных значений напряженности электрического поля

$\alpha = 1,06$ для $n \leq 20$ и равна 1 для $n > 20$,

Например, для вектора x :

$$\sigma_x = 1.06 \times \sqrt{\frac{\sum (\ddot{E}_{ix} - \langle \ddot{E}_x \rangle_9)^2}{9-1}}$$

где :

$\ddot{E}_{ix}$ – отдельное измеренное значение вектора x напряженности,

$\langle \ddot{E}_x \rangle$ – среднее арифметическое значение нормализованных векторов напряженности E_{Maxx} , полученных из всех 9 мест измерений.

И для всех векторов:

$$\sigma_{27} = \sqrt{\frac{\sum (\ddot{E}_{ix,y,z} - \langle \ddot{E} \rangle_{27})^2}{27-1}}$$

где:

$\ddot{E}_{ix,y,z}$ – отдельные измеренные значения всех векторов напряженности (x, y, z)

$\langle \ddot{E} \rangle_{27}$ – среднее арифметическое значение нормализованных векторов напряженности $E_{Maxx,y,z}$, полученных из всех 27 измерений, и

σ_{27} - среднеквадратическое отклонение всех векторов (x, y, z)

Среднеквадратическое отклонение выражается в дБ относительно средней величины:

$$\sigma_{dB} = 20 \times \log\left(\frac{\sigma + \langle \ddot{E} \rangle}{\langle \ddot{E} \rangle}\right)$$

- (b) Камера удовлетворяет требованиям однородности поля, если среднеквадратическое отклонение отдельных компонентов поля (т.е. $\sigma_{x,y,z}$) не превышает среднеквадратических отклонений, указанных на рис. 20-11, более, чем в двух частотах на октаву, а среднеквадратическое отклонение всех векторов (т.е. σ_{27}) не превышает заданное среднеквадратическое отклонение. Если камера не удовлетворяет требованию однородности, то ее невозможно использовать на требуемой низкой частоте. Если величина, на которую камера не соответствует требованию однородности, невелика, желаемую однородность можно получить путем:

- 1) увеличения числа элементов выборки (т.е. шагов тюнера) на $10 \div 50 \%$;
- 2) нормализации данных по отношению к полезной входной мощности камеры ($P_{\text{Net}} = P_{\text{Input}} - P_{\text{Reflected}}$), или
- 3) снижением размера рабочей области.

Если однородность поля в камере превышает требуемую величину, то число элементов выборки можно уменьшить, однако при этом число шагов тюнера не должно быть менее двенадцати. Это позволяет оптимизировать характеристики конкретной камеры с целью минимизации числа элементов выборки и, следовательно, времени испытаний.

Примечание: Если тюнер не может обеспечить требуемую однородность, то ее можно улучшить повышением числа тюнеров, увеличением ширины тюнера, или снижением Q путем добавления поглотителя. Также должна быть произведена оценка характеристик камеры (размера, особенностей конструкции, материала стенок) для того, чтобы определить, может ли камера удовлетворять требованиям. У камер, имеющих не более $60 \div 100$ мод на нижней испытательной частоте или очень высокие величины Q (такие, которые встречаются во всех сварных алюминиевых камерах), могут возникнуть трудности при удовлетворении требования однородности поля.

ВНИМАНИЕ: Если для получения требуемых характеристик произведена доработка камеры (например, добавлен поглотитель, и т.д.), или изменена методика калибровки (например, выбрано новое количество шагов тюнера, и т.д.), то новая конфигурация и/или методика должна оставаться одной и той же на протяжении испытаний с целью сохранения достоверности калибровки.

20.6.3.2 Расчет постоянной времени камеры

Рассчитать калибровочный коэффициент камеры (CCF) для каждой частоты, используя следующее уравнение:

$$CCF = \left\langle \frac{P_{\text{AveRec}}}{P_{\text{AveInput}}} \right\rangle$$

Где:

CCF – нормализованная средняя полученная мощность за один поворот тюнера с установленным испытуемым оборудованием и вспомогательными устройствами.

P_{AveRec} – средняя полученная мощность за один поворот тюнера с установленным испытуемым оборудованием и вспомогательными устройствами.

P_{AveInput} – мощность прямой волны, осредненная за один поворот тюнера с установленным испытуемым оборудованием и вспомогательными устройствами.

Чтобы убедиться в том, что временная характеристика камеры обеспечивает быстроедействие, достаточное для проведения испытаний с импульсной формой волны, необходимо определить постоянную времени камеры по следующей методике:

- i. Используя CCF, рассчитать коэффициент качества Q для каждой испытательной частоты свыше 400 МГц по формуле:

$$Q = \left\langle \frac{16 \times \pi^2 \times V}{\eta_{Tx} \times \eta_{Rx} \times \lambda^3} \right\rangle \times CCF$$

где:

η_{Tx} , η_{Rx} – коэффициенты полезного действия, соответственно, передающей и приемной антенн, которые, по консервативной оценке, можно принять равными 0,75 для логопериодической антенны и 0,9 для рупорной антенны,

V – объем камеры (м^3),

λ – длина волны (м) в свободном пространстве на определенной частоте,

CCF – коэффициент калибровки камеры.

- ii. Рассчитать постоянную времени камеры τ для каждой испытательной частоты свыше 400 МГц по формуле:

$$\tau = \frac{Q}{2 \times \pi \times f}$$

где:

τ – постоянная времени (секунды),

Q – величина, рассчитанная выше на шаге (i),

f – испытательная частота (Гц).

При испытании с импульсной модуляцией величина постоянной времени должна добавляться к величине требуемой длительности импульса (например, если постоянная времени камеры равна 6 микросекундам, а требуемая ширина импульса равна 4 микросекундам, то при испытании с импульсной модуляцией ширина импульса должна быть равной 10 микросекундам).

Примечание: Разрешается добавлять величину требуемой ширины импульса к постоянной времени пустой камеры вместо указанной выше ширины импульса.

20.7 Испытания на восприимчивость к помехам излучения. (Вторая альтернативная методика - расчетно-экспериментальный метод).

Расчетно-экспериментальная методика определения соответствия бортового оборудования (БО) требованиям восприимчивости к полям излучения основана на проведении испытаний при снятом экранирующем корпусе. За счет этого интенсивность облучающего электромагнитного поля снижена, по сравнению с требованиями раздела 20.5b, на величину эффективности экранирования корпуса. Эффективность экранирования электрической составляющей электромагнитного поля корпусом БО определяют по методике, приведенной в приложении В.

Испытания восприимчивости БО к полям излучения выполняют в следующей последовательности:

20.7.1 Экспериментально определяют восприимчивость электронного оборудования без корпуса к полям излучения по методике раздела 20.5, 20.6 или приложения С, но при напряженности испытательного поля

$E_{исп} < E_{ном}$,

где: $E_{ном}$ – заданная в разделе 20.5b напряженность поля.

Величина $E_{исп}$ определяется реальными возможностями испытательной установки, однако не рекомендуется проводить испытания при напряженности поля менее 10В/м. Для удобства проведения испытаний, весь частотный диапазон от 100 МГц до 18 ГГц разбивают на 10 поддиапазонов: 100-200 МГц; 200-400 МГц; 400-700 МГц; 700 МГц-1 ГГц; 1-2 ГГц; 2-4 ГГц; 4-6 ГГц; 6-8 ГГц; 8-12 ГГц; 12-18 ГГц. Оценку восприимчивости оборудования без корпуса к полям излучения (ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМОЙ НТД) выполняют последовательно для каждого поддиапазона; если хотя бы на одной частоте оборудование восприимчиво к полям излучения, то весь поддиапазон считают восприимчивым к помехам.

После проведения этого испытания, в каждом поддиапазоне возможно два результата:

1.1 Электронное оборудование не восприимчиво к помехам излучения при напряженности испытательного поля $E_{исп}$, В этом случае испытания БО на восприимчивость в данном поддиапазоне заканчивают.

1.2 Электронное оборудование, на отдельных частотах i -го поддиапазона восприимчиво к помехам излучения. В этом случае испытания БО по восприимчивости продолжают и определяют ту минимальную (пороговую) напряженность поля $E_{мин}$, на которой обеспечиваются заданные параметры качества функционирования БО внутри всего поддиапазона.

В результате получаем ряд из (j) частотных поддиапазонов с пороговым значением восприимчивости более или равным $E_{исп}$ и ряд из (i) частотных поддиапазонов с пороговыми значениями $E_{мин}(f_i)$.

20.7.2 Рассчитывают эффективность экранирования корпуса БО в дБ, которую нужно будет подтвердить в дальнейшем для обеспечения соответствия заданной категории жесткости раздела 20.5b:

$$В_{рисп} = E_{ном} - E_{исп}, (1)$$

$$\text{или } В_{рмин}(f_i) = E_{ном} - E_{мин}(f_i), (2)$$

где: $E_{ном}$, $E_{исп}$ и $E_{мин}$ – заданная в разделе 20.5 b напряженность поля и экспериментально определенные пороги восприимчивости БО без корпуса, соответственно.

20.7.3 Экспериментальными методами доказывают соответствие эффективности экранирования электромагнитного поля корпусом БО в каждом i -ом и j -ом поддиапазоне значениям, рассчитанным по формулам (1) или (2).

Таблица 20-1: Поглощение радиоизлучения при нормальном угле падения

Частота	Минимальное поглощение
От 100 до 250 МГц	6 дБ
Сверх 250 МГц	10 дБ

Таблица 20-2 Уровни испытаний на восприимчивость к помехам проводимости в зависимости от категории

Частота (МГц)	Уровни категорий (мА)						
	M	O	R	S	T	W	Y
0,01	0,6	3	0,6	0,03	0,15	3	6
0,5	30	150	30	1,5	7,5	150	300
1	70	250	30	1,5	7,5	150	300
30	70	250	30	1,5	7,5	150	300
40	*	*	30	1,5	7,5	150	300
100	*	*	*	*	*	*	300
400	32	50	3	0,15	0,75	32	100

*Интерполировать с помощью рис. 20-6

**Таблица 20-3: Уровни испытаний на восприимчивость к помехам радиоизлучения
в зависимости от категории**

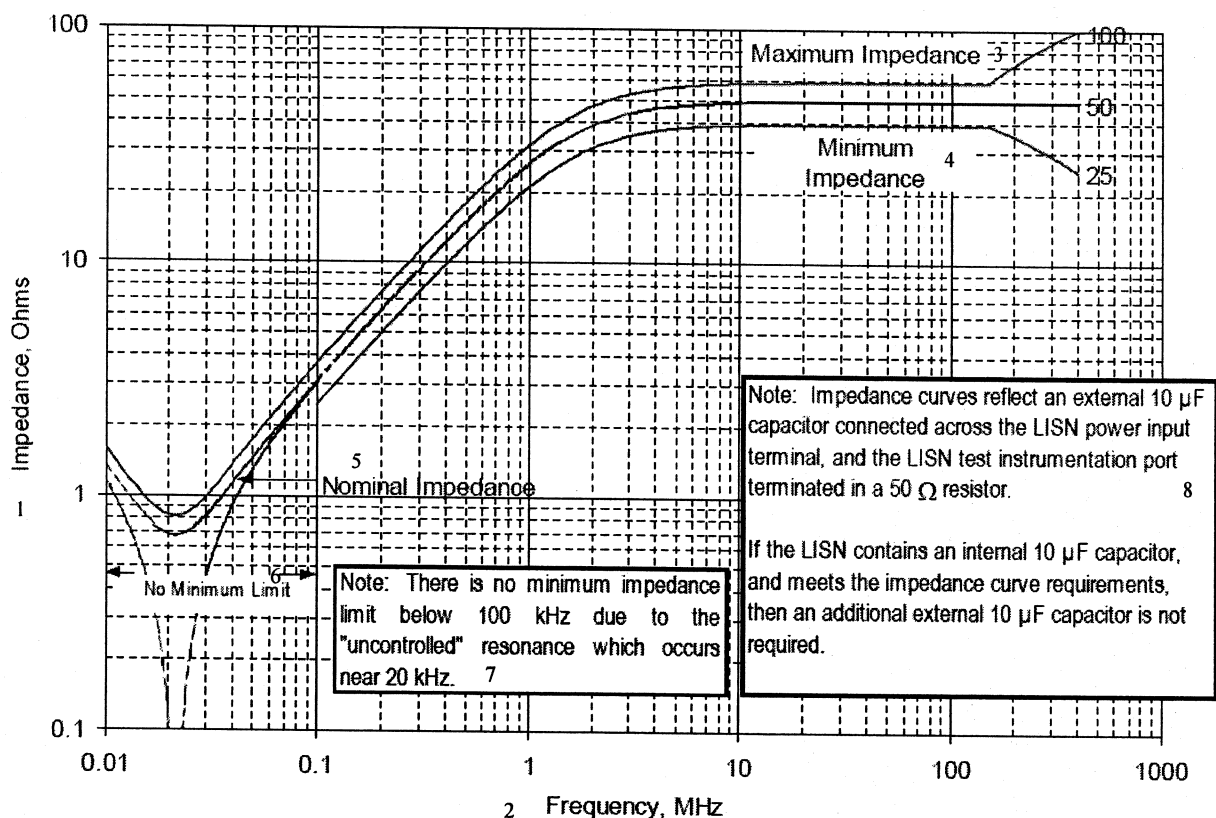
Среда	Кат. В (В/м)		Кат. D (В/м)		Кат. F (В/м)		Кат. G (В/м)		Кат. L (В/м)		Кат. R (В/м)		Кат. S (В/м)		Кат. T (В/м)	Кат. W (В/м)	Кат. Y (В/м)
Частота	SW/ CW	PM	SW/ CW	PM	SW/ CW	PM	SW/ CW	PM	SW/ CW	PM	SW/ CW	PM	SW/ CW	PM	SW/C W	SW/C W	SW/C W
100-200 МГц	20		25		50		100		200		20		1	5	5	100	200
200-400 МГц	20		25		50		100		200		20		1	5	5	100	200
400-700 МГц	20	150	20	175	25	350	50	700	200	730		150	1	5	5	100	200
700 МГц- 1 ГГц	20	150	25	175	50	350	100	700	240	1400		150	1	5	5	100	200
1-2 ГГц	25	250	50	500	100	1000	200	2000	250	5000		150	1	5	5	100	200
2-4 ГГц	25	375	50	750	100	1500	200	3000	490	6000		150		5	5	100	200
4-6 ГГц	25	375	50	750	100	1500	200	3000	400	7200		150		5	5	100	200
6-8 ГГц	25	150	50	250	100	500	200	1000	200	1100		150		5			
8-12 ГГц	38	375	75	750	150	1500	300	3000	330	5000							
12-18 ГГц	25	250	50	500	100	1000	200	2000	330	2000							

Таблица 20-4: Критерий проверки реверберационной камеры

Диапазон частот ¹	Количество частот ² , требуемых для измерения коэффициента загрузки камеры
$f_s - 4 f_s$	50 / декаду
$4 f_s - 8 f_s$	50 / декаду
Свыше $8 f_s$	20 / декаду

1 f_s - начальная частота

2 логарифмическая шкала



1 – Импеданс, Ом

2 – Частота, МГц

3 – Максимальный импеданс

4 – Минимальный импеданс

5 – Номинальный импеданс

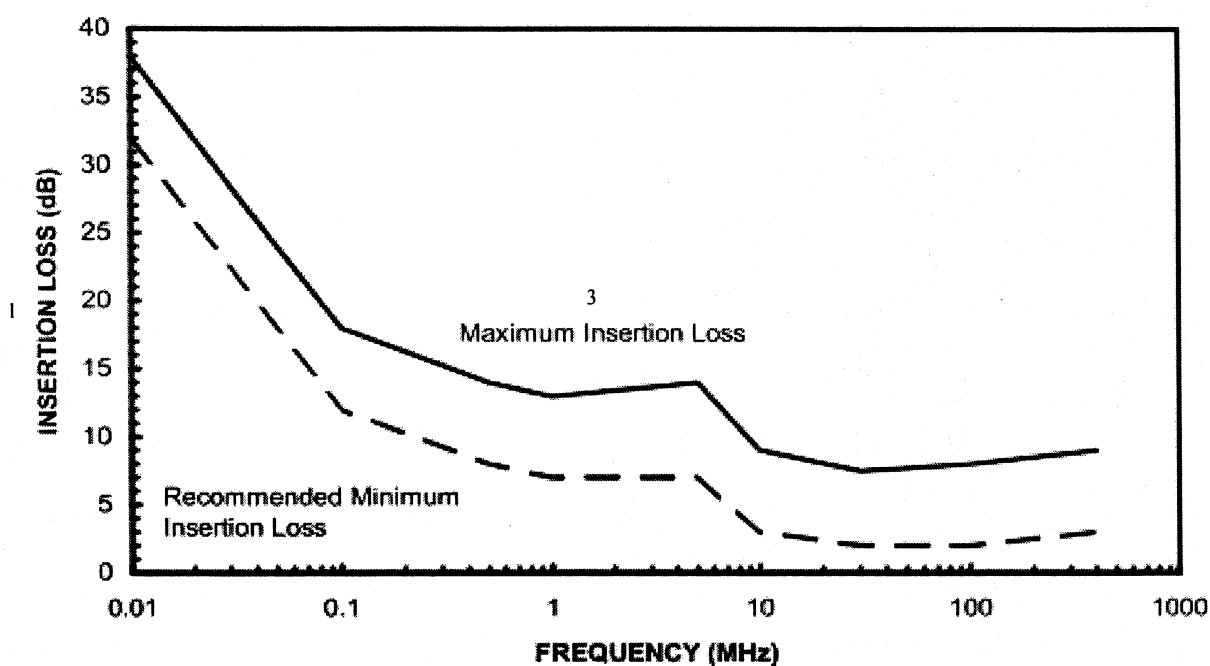
6 – Нет ограничения минимальной величины

7 – Примечание: Ограничение минимальной величины импеданса на частотах ниже 100 кГц отсутствует из-за "неконтролируемого" резонанса, который возникает на частотах около 20 кГц.

8 – Примечание: Приведенные кривые импеданса получены при включении конденсатора емкостью 10 мкФ параллельно силовым входам LISN и включении резистора 50) на выходы LISN, предназначенные для измерительного прибора.

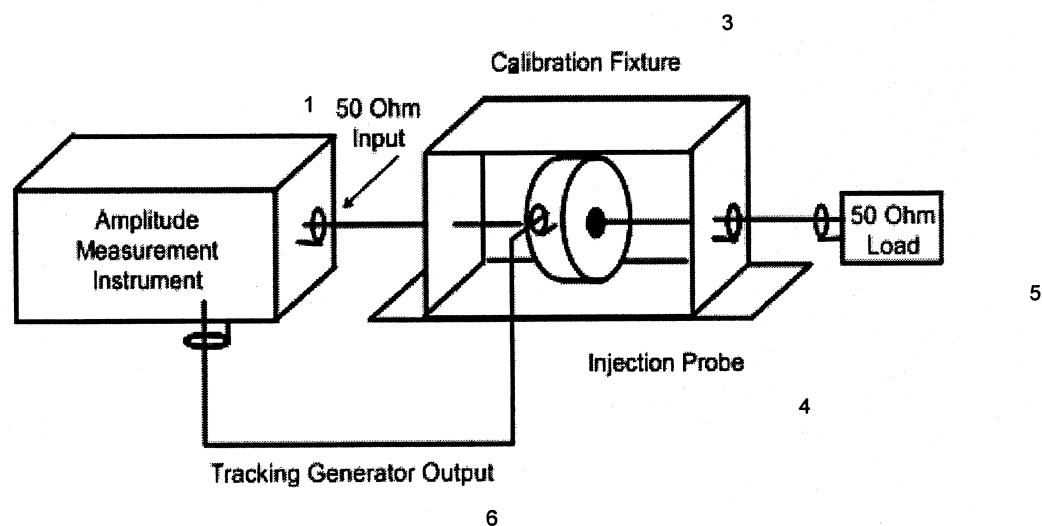
Если LISN имеет встроенный конденсатор 10 мкФ, и удовлетворяет требованиям, представленным в виде кривых импеданса, то установка дополнительного внешнего конденсатора не требуется.

Рисунок 20-1 Полное входное сопротивление эквивалента сети



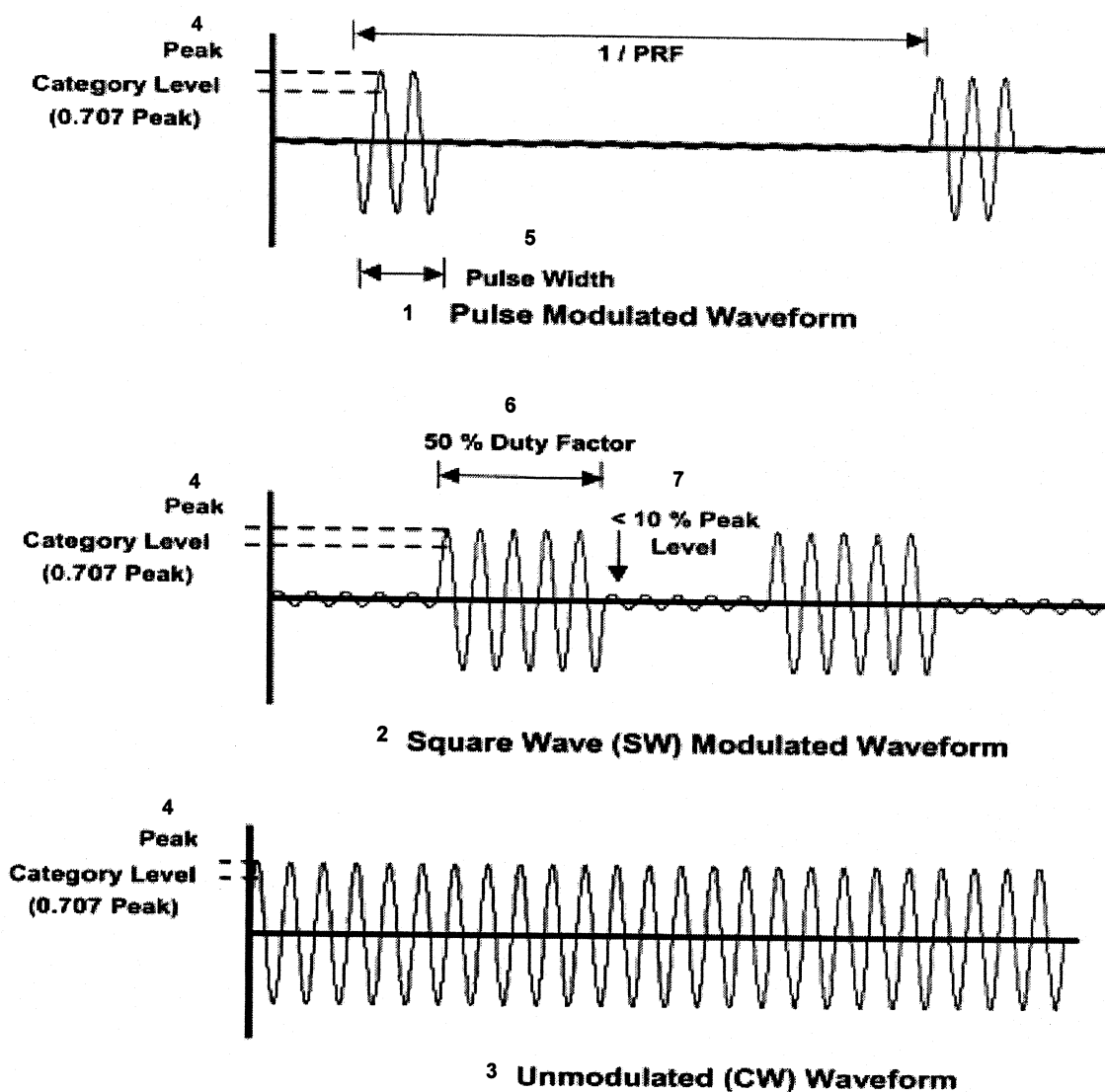
- 1 – Вносимые потери (дБ)
 2 – Частота (МГц)
 3 – Максимальные вносимые потери
 4 – Рекомендуемые минимальные вносимые потери

Рисунок 20-3 Инжектор. Вносимые потери



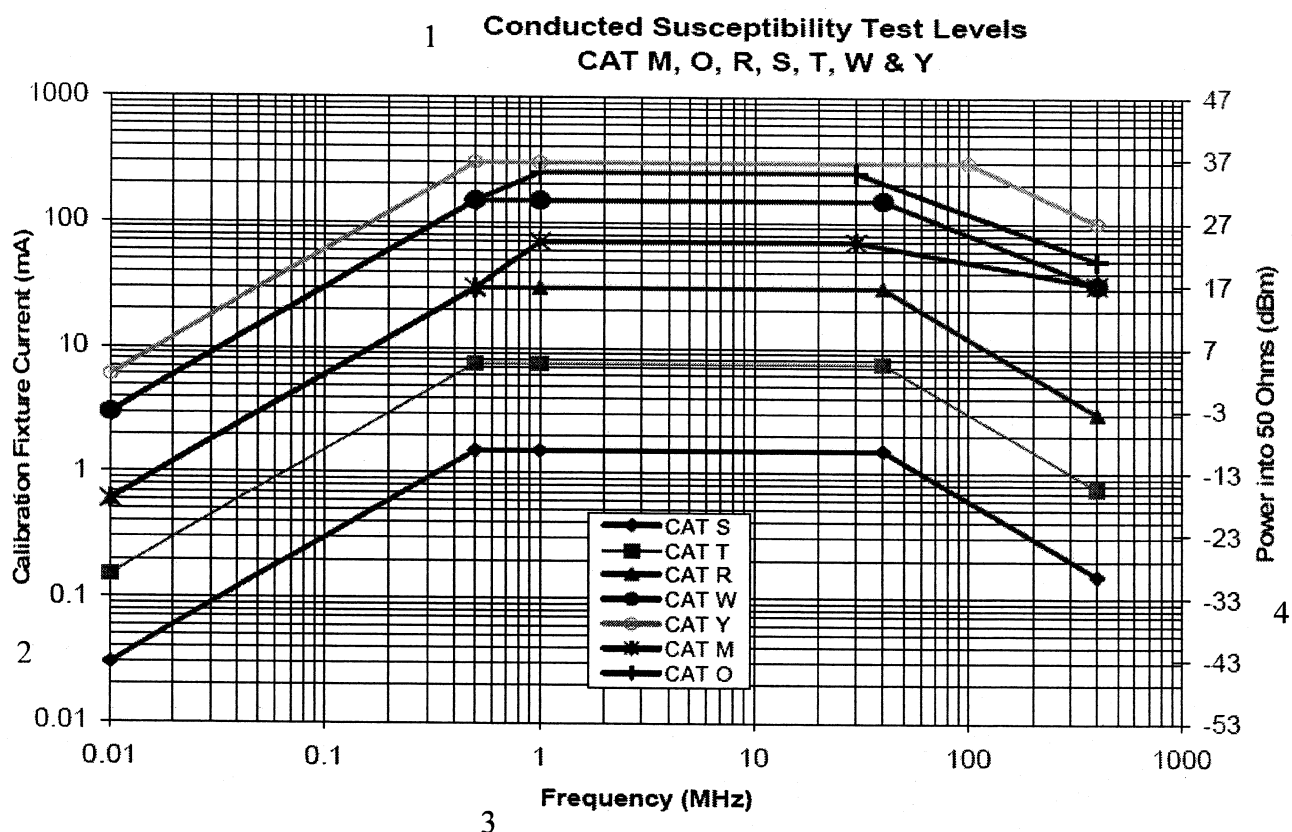
- 1 – Измеритель амплитуды
 2 – Входное сопротивление 50 Ом
 3 – Калибровочное устройство
 4 – Инжектор
 5 – Нагрузка 50 Ом
 6 – Выход следящего генератора

Рисунок 20-4 Инжектор. Установка для определения вносимых потерь



- 1 – Форма сигнала с импульсной модуляцией
- 2 – Форма сигнала с амплитудной модуляцией прямоугольными импульсами типа "меандр" (SW)
- 3 – Форма немодулированного (CW) сигнала
- 4 – Пиковое значение. Уровень категории (0,707 пикового значения)
- 5 – Ширина импульса
- 6 – Коэффициент заполнения
- 7 – Уровень менее 10% от пикового значения

Рисунок 20-5 Измерение амплитуды



1 – Уровни сигналов при испытаниях на восприимчивость к помехам проводимости.

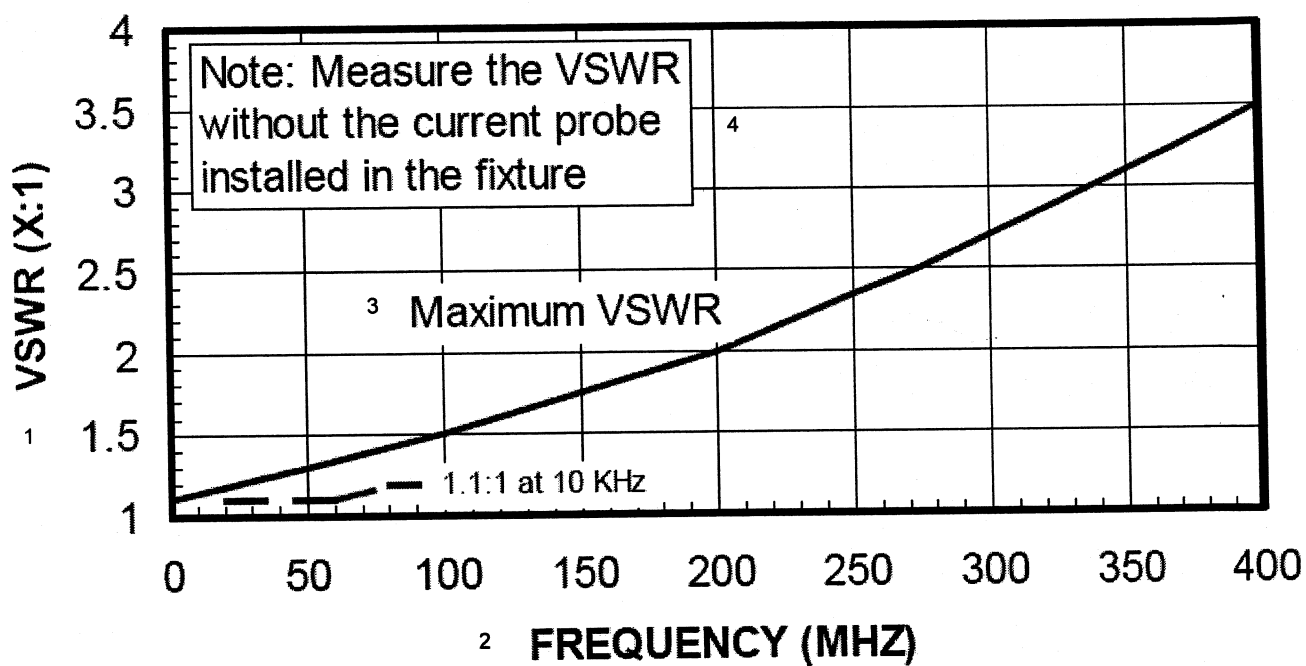
Категории М, О, R, S, T, W и Y

2 – Ток в калибровочной установке (мА)

3 – Частота (МГц)

4 – Мощность в сопротивлении 50 Ом (дБм)

Рисунок 20-6 Восприимчивость к помехам проводимости. Уровни испытательных сигналов



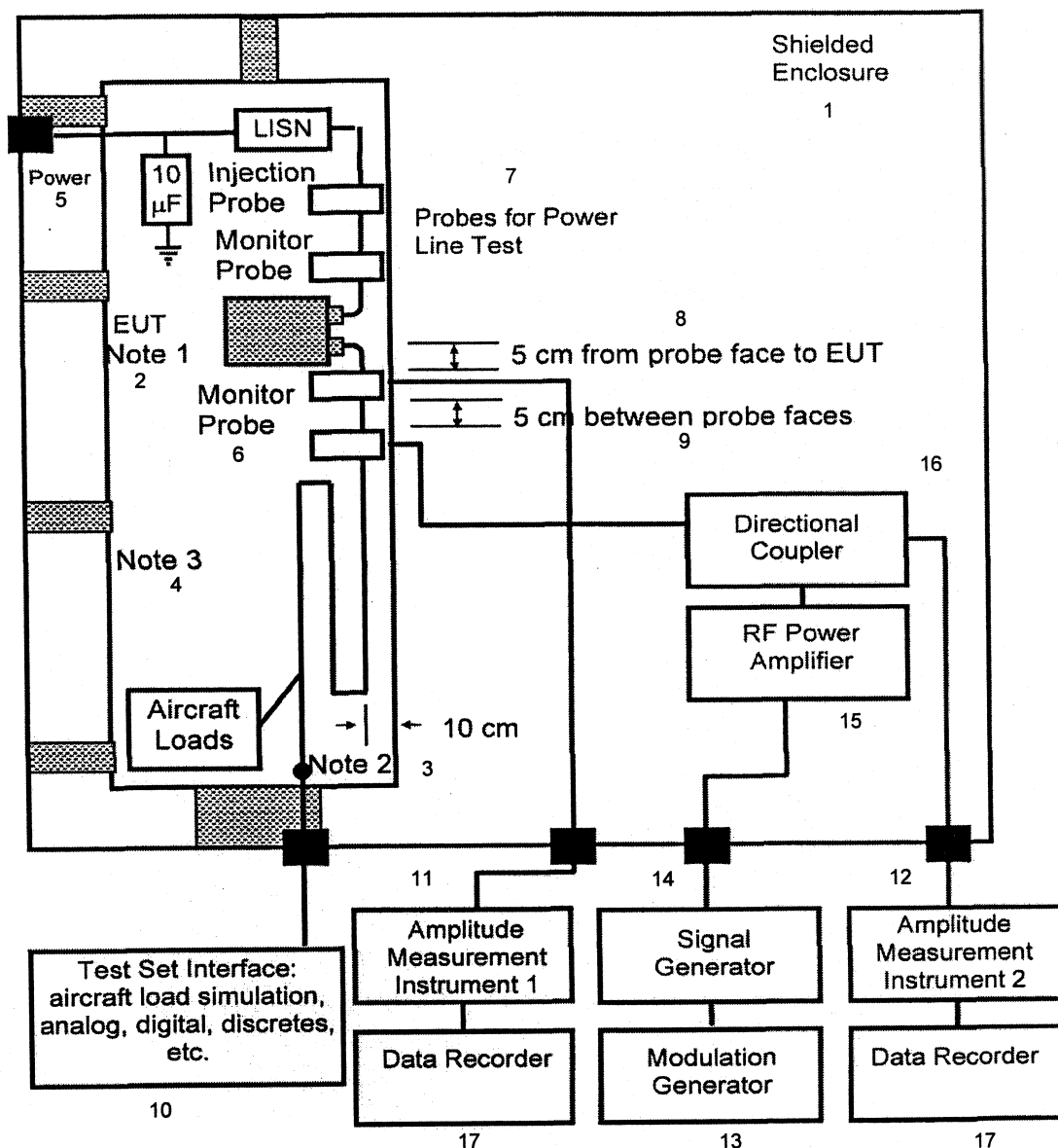
1 – КСВ (X : 1)

2 – Частота (МГц)

3 – Максимальная величина КСВ

4 – Примечание: Измеряйте КСВ, не помещая датчик тока в арматуру установки

Рисунок 20-8 Предельное значение КСВ при калибровке



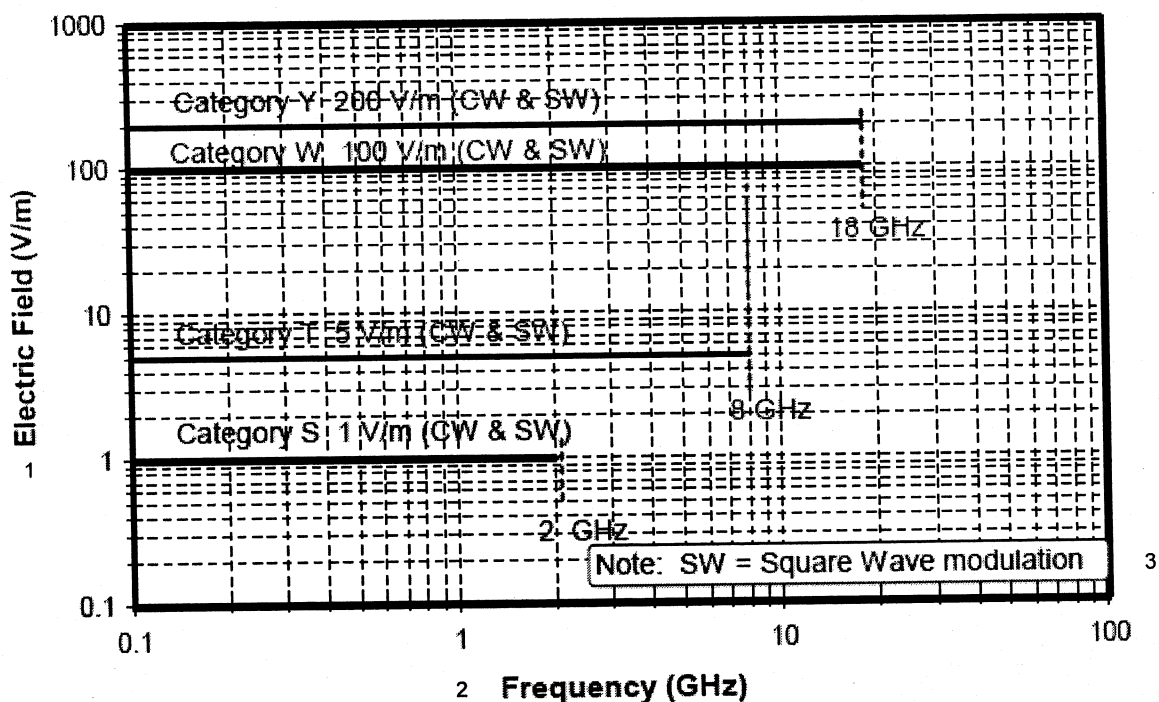
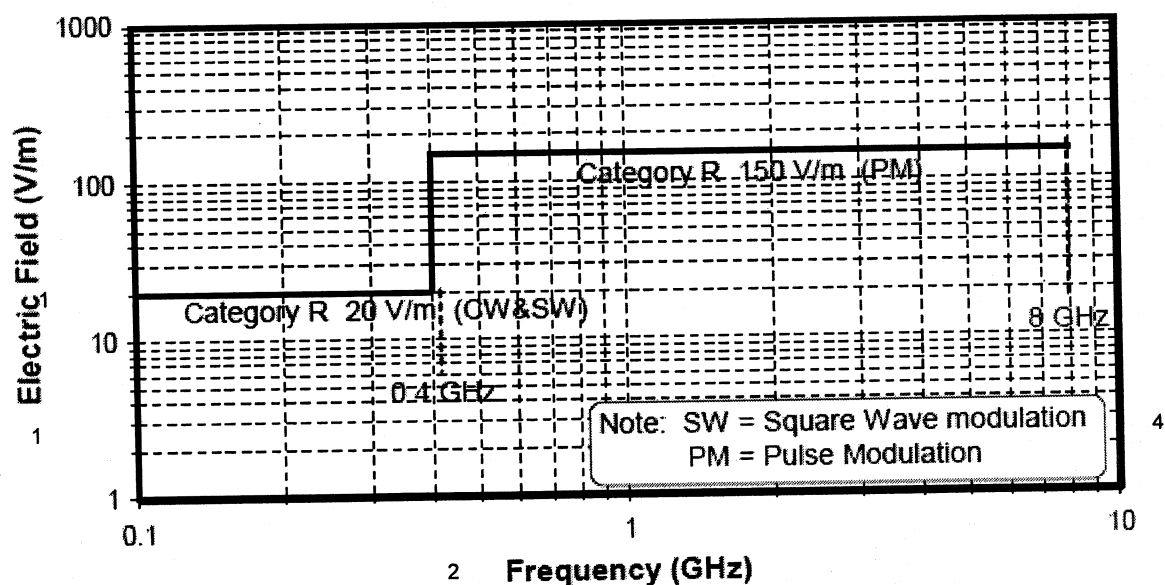
- 1 – Экранированный корпус
- 2 – Испытуемое оборудование, примечание 1
- 3 – Примечание 2
- 4 – Примечание 3
- 5 – Электропитание
- 6 – Датчик контроля тока
- 7 – Датчики для проверки линии питания
- 8 – Расстояние между поверхностью датчика и испытуемым оборудованием, равное 5 см.
- 9 – Расстояние между поверхностями инжектора и датчика, равное 5 см.
- 10 – Интерфейс испытательной установки: имитация нагрузок ВС, аналоговые, цифровые, дискретные сигналы, и т.д...
- 11 – Измеритель амплитуды № 1
- 12 – Измеритель амплитуды № 2
- 13 – Генератор сигнала модуляции
- 14 – Сигнал-генератор
- 15 – Усилитель мощности радиочастотного излучения
- 16 – Направленный ответвитель
- 17 – Регистратор данных
- 18 – Нагрузки ВС

Примечание 1: См. раздел 20.3, касающийся общих требований к испытуемому оборудованию.

Примечание 2: Конец кабеля, подвергающегося облучению. Незэкранированный кабель от данной точки до стенки может покрываться экраном.

Примечание 3: Перемычка металлизации

Рисунок 20-9 Восприимчивость к помехам проводимости. Испытательная установка



1 – Напряженность электрического поля (В/м)

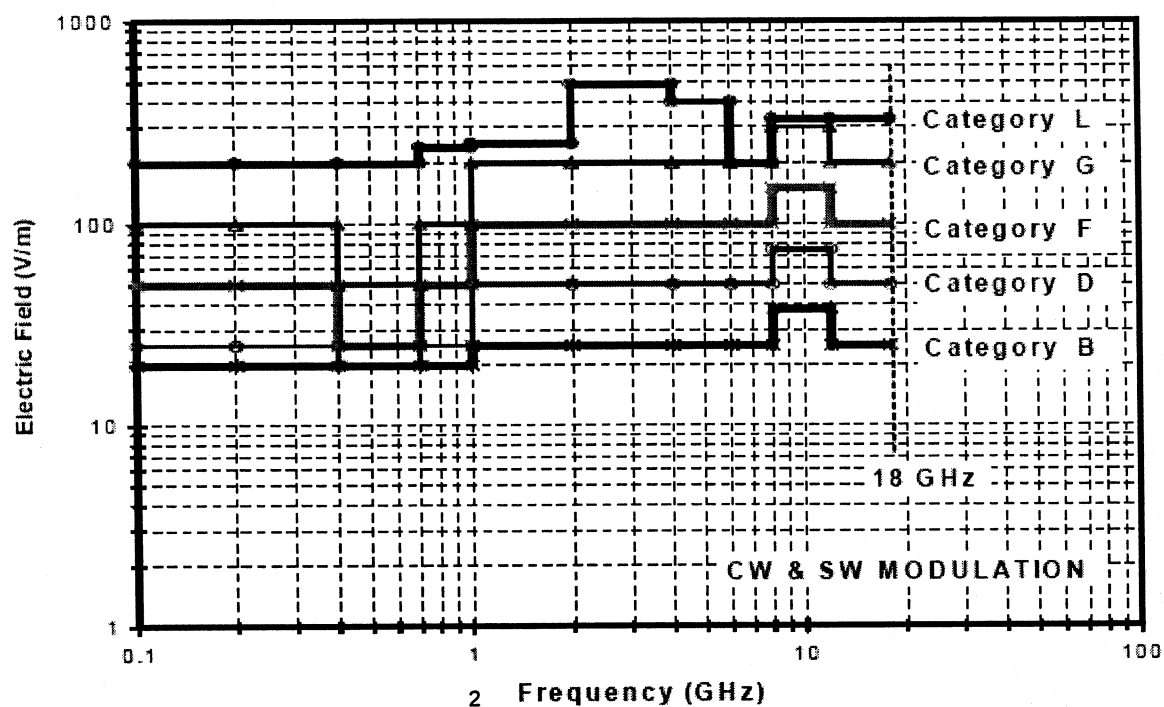
2 – Частота (ГГц)

3 – Примечание: SW – Модуляция импульсами прямоугольной формы (меандр)

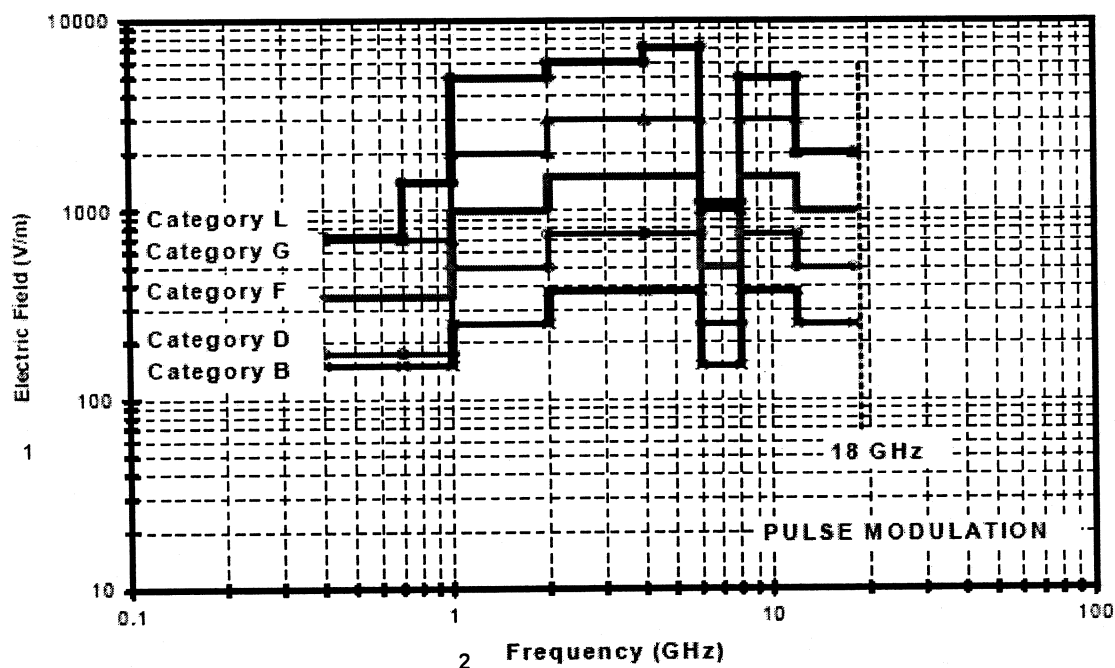
4 – Примечание: SW – Модуляция импульсами прямоугольной формы (меандр)

PM – Импульсная модуляция

Рисунок 20-10 (a&b) Восприимчивость к помехам излучения. Уровни испытательных сигналов



3



4

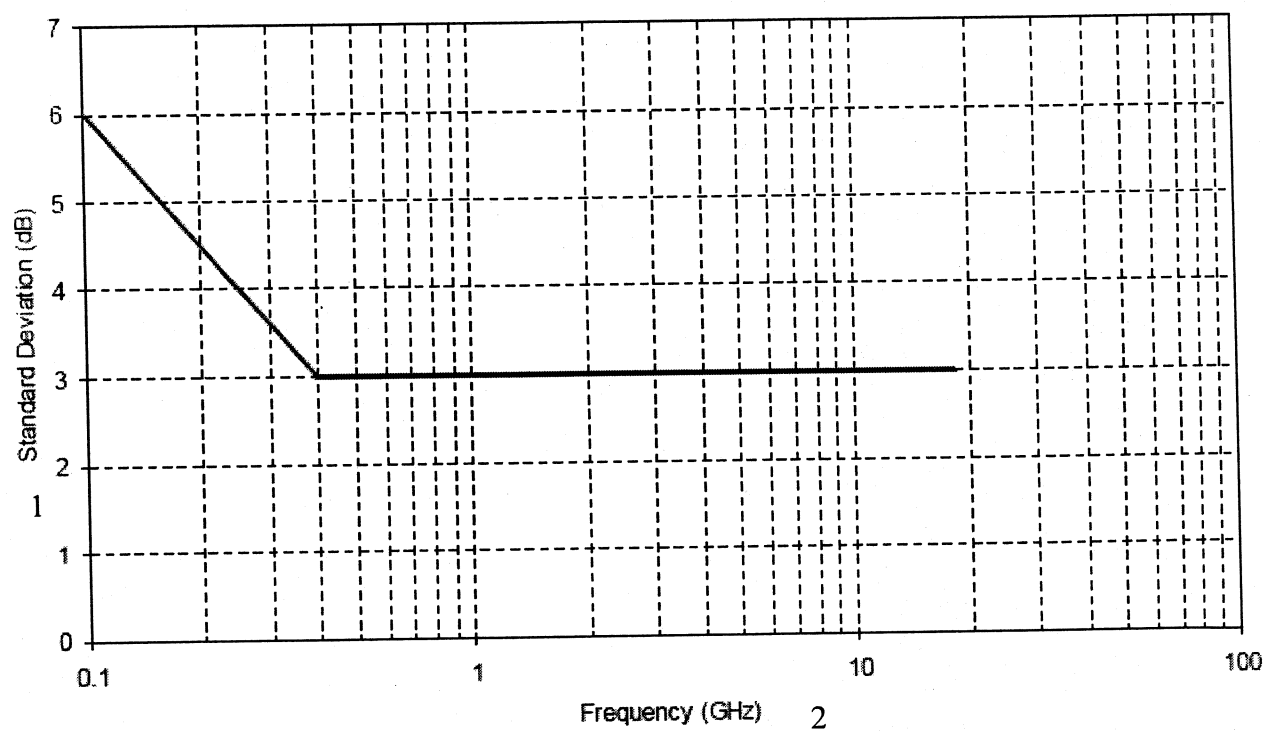
1 – Напряженность электрического поля (В/м)

2 – Частота (ГГц)

3 – Немодулированный сигнал и сигнал с модуляцией импульсами прямоугольной формы (меандр)

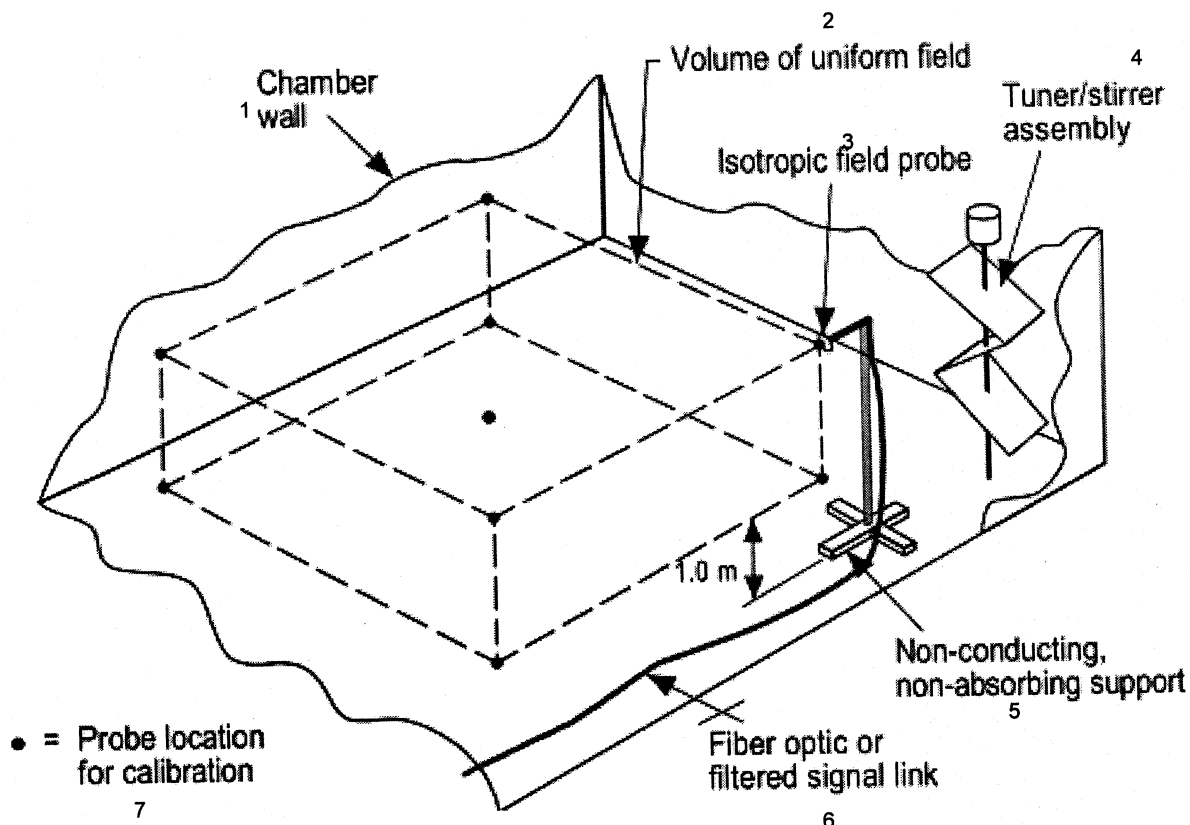
4 – Импульсная модуляция

Рисунок 20-10 (с&д) Восприимчивость к помехам излучения. Уровни испытательных сигналов



- 1 – Стандартное отклонение (дБ)
2 – Частота (ГГц)

Рисунок 20-11 Допустимое стандартное отклонение для проверки однородности поля



- 1 – Стенка камеры
 2 – Область с однородным полем
 3 – Датчик изотропного поля
 4 – Узел тюнера/смесителя
 5 – Подставка из непроводящего, не поглощающего материала
 6 – Волоконно-оптическая линия или линия с фильтрацией сигнала
 7 – Места размещения датчиков для калибровки

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Калибровка поля внутри реверберационной камеры должна проводиться по девяти точкам расположения датчика.

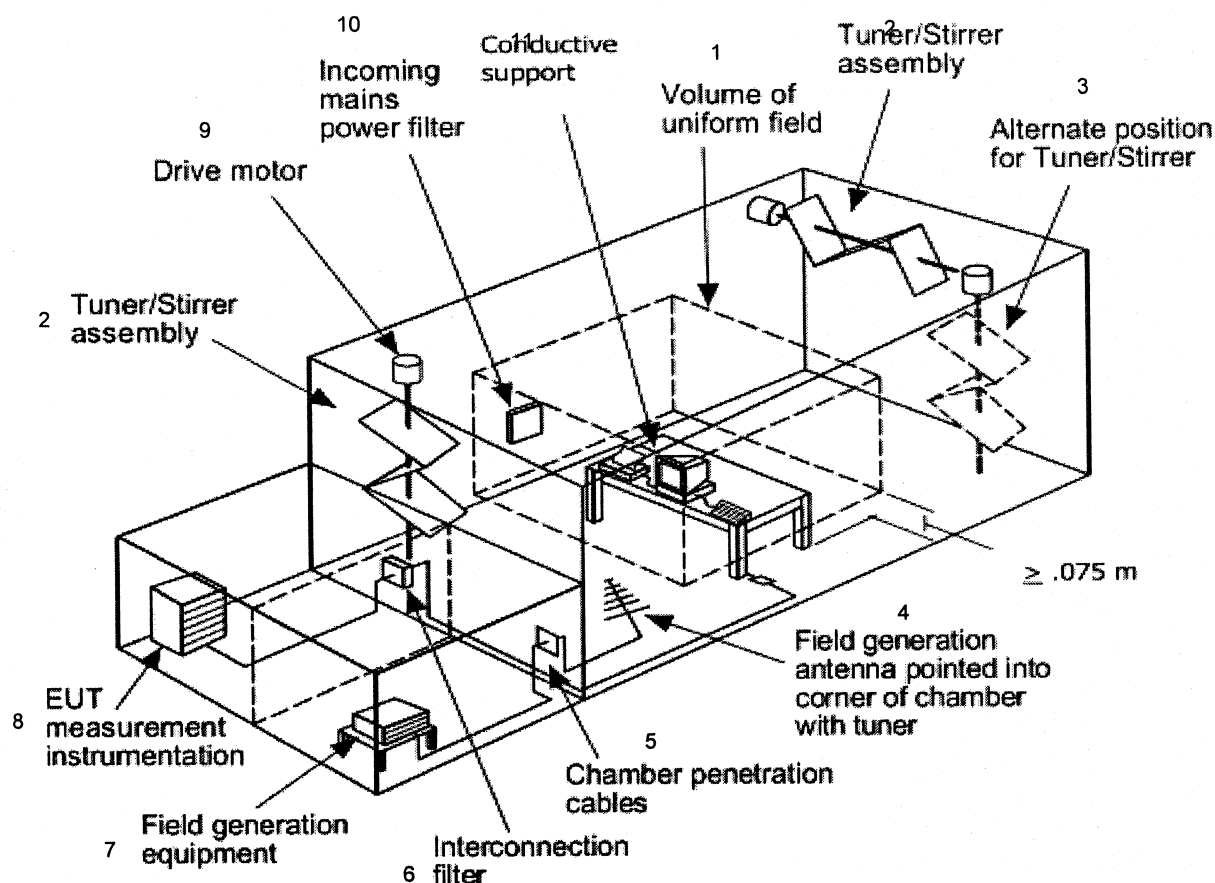
ПРИМЕЧАНИЕ 2: Места расположения датчика, показанные на рисунке, обозначают границы рабочей области камеры. Поверхности, ограничивающие рабочую область, не должны находиться ближе, чем на 0,75 м (или на $\lambda/4$ на минимальной испытательной частоте) от любой поверхности камеры, антенны, создающей поле, или узла тюнера. Приемная антенна для целей калибровки и контроля может устанавливаться в любой точке рабочей области. Передающая антенна, по возможности, должна быть направлена на угол камеры. Допускается направлять антенну на тюнер. Положение передающей антенны должно оставаться фиксированным при калибровке и испытаниях. Положение передающей антенны должно быть одним и тем же при калибровке и испытаниях.

ПРИМЕЧАНИЕ 3: Размеры рабочей области могут либо обуславливаться желанием максимально использовать объем камеры, либо необходимостью расположить испытуемое оборудование заданного размера. Рекомендуется выбирать размеры рабочей области, максимально использующие размеры камеры, для того, чтобы не возникала необходимость проводить повторную калибровку для испытания оборудования большего размера.

ПРИМЕЧАНИЕ 4: Для калибровки должен использоваться изотропный датчик, обеспечивающий доступ к составляющим поля, направленным по трем осям. Датчик может заменять калиброванная электрически короткая симметричная вибраторная антенна (т.е. длиной менее 0,1 м) при условии, что в каждой точке измерений антенна устанавливается по трем взаимно перпендикулярным осям. Необходимо обращать внимание на то, чтобы на антенну не влиял подводящий кабель. Рекомендуется использовать измерительную систему (изотропный датчик или симметричную вибраторную антенну) с оптической развязкой.

ПРИМЕЧАНИЕ 5: Минимальное расстояние может быть снижено до величины, меньшей 0,75 м при условии, что оно превышает $\lambda/4$ на минимальной испытательной частоте. В любом случае не рекомендуется выбирать расстояние, меньшее $1/4$ м.

Рисунок 20-12 Места размещения датчиков поля для калибровки реверберационной камеры



- 1 – Область с однородным полем
- 2 – Узел тюнера/смесителя
- 3 – Альтернативное положение тюнера/смесителя
- 4 – Антенна генерации поля, направленная на угол камеры с тюнером
- 5 – Ввод кабелей в камеру
- 6 – Фильтр в соединительной линии
- 7 – Оборудование для генерации поля.
- 8 – Система измерений для испытуемого оборудования
- 9 – Двигатель привода
- 10 – Фильтр входного электропитания
- 11 – Подставка из проводящего материала

ПРИМЕЧАНИЯ:

- (1) Рабочая область должна находиться на расстоянии не менее, чем на 0,75 м (или на $\lambda / 4$) от любой поверхности камеры, антенны, создающей поле, или узла тюнера.
- (2) Камера должна быть свободной от любых ненужных поглощающих материалов. Не должны использоваться такие предметы, как деревянные столы, ковры, настил пола, облицовка стен или плитка на потолке. Открытые светильники также являются потенциальными источниками нагрузки. При вводе в эксплуатацию новой камеры рекомендуется проводить ее оценку до установки в ней вспомогательного оборудования, за исключением дверей, вентиляционных отверстий и пультов.

Рисунок 20-13 Пример испытательной установки с реверберационной камерой.

Приложение А - P20

Выбор категорий жесткости для испытания бортового оборудования на восприимчивость к помехам проводимости и полям излучения

Выбор категорий жесткости бортовых систем для проведения лабораторных испытаний по восприимчивости к помехам проводимости и полям излучения по разделу 20 осуществляют на основе трех основных источников информации:

- результат анализа отказобезопасности систем на ЛА;
- классификация отказов по уровням безопасности систем: А, В, С и D;
- электромагнитной обстановки, ожидаемой в местах размещения корпусов аппаратуры и их кабельной сети.

В настоящее время в России принята следующая классификация отказов бортовых систем:

Уровень А: Электрические и электронные системы, отказ критических функций которых станет причиной или будет способствовать возникновению катастрофической ситуации для ВС. Системы Уровня А делятся на две подгруппы:

- системы управления Уровня А (выполняют функции, в которых пилот не является частью контура управления) и
- системы индикации Уровня А (выполняют функции, в которых пилот является частью контура управления через обмен информацией пилот/система).

Примером систем управления Уровня А могут служить: электродистанционная система управления ЛА; цифровая система управления двигателем.

Примером систем индикации Уровня А могут служить системы электронных пилотажных приборов.

Системы управления Уровня А в большей степени влияют на безопасность полета, чем системы индикации Уровня А, поэтому для них задают более жесткие нормы восприимчивости и требуются более точные методы контроля воздействия HIRF.

Уровень В: Электрические и электронные системы, чей отказ станет причиной или будет способствовать возникновению аварийной ситуации для ВС.

Уровень С: Электрические и электронные системы, чей отказ станет причиной или будет способствовать значительному ухудшению условий полета для ВС.

Уровень D: Электрические и электронные системы, чей отказ станет причиной или будет способствовать незначительному ухудшению условий полета для ВС.

Электромагнитные среды HIRF делят на внешние ($E_{внеш}(f)$): HIRF-I, HIRF-II и HIRF-III (они имеют место на трассе полета, вне ЛА) и внутренние $E_{внутр}(f)$, которые образуются от внешних сред в отсеках воздушного судна. Взаимосвязь между ними характеризует эффективность экранирования приборных отсеков ЛА $B_{экр}(f)$, которая численно равна отношению этих напряженностей: $B_{экр}(f) = E_{внеш}(f) / E_{внутр}(f)$. Для обеспечения устойчивости электронных систем к воздействию полей излучения, их порог восприимчивости $E_{пор}(f)$ должен быть выше, чем ожидаемая напряженность поля во внутренних отсеках ЛА $E_{внутр}(f)$, т.е. $E_{пор}(f) > E_{внутр}(f)$.

На основе информации об уровнях безопасности бортовых систем, сформулирован следующий общий подход к определению категорий жесткости для проведения лабораторных испытаний по разделу 20 КТ-160G:

Выбор категорий для систем управления Уровня А. Для систем управления Уровня А внутреннюю электромагнитную среду HIRF рассчитывают через ослабление корпусом ЛА

электромагнитных сред HIRF-I, HIRF-II, или HIRF-III. Эффективность экранирования отсеков ЛА, в которых размещены корпуса электронных систем и их бортовая кабельная сеть, определяют экспериментально в электромагнитных полях низкого уровня (см. например: ED-107 раздел 6.6).

Выбор категорий для систем индикации Уровня А.

Для проведения лабораторных испытаний систем индикации Уровня А предусмотрены категории "B, D, F, G, L, M, и O", наряду с которыми могут применяться категории Y и W. Выбор категории дан в таблице А-1 в зависимости от типа ЛА и HIRF окружающей среды. Типы ЛА разделены на вертолеты и на три типа ВС, в зависимости от длины фюзеляжа (АС). Категория, применимая ко "всем типам", может быть полезна для поставщиков оборудования, которые делают продукцию, которая применяется ко многим типам ЛА. Категория "все типы" является составным объектом самого плохого случая всех индивидуальных типов ВС.

Таблица А-1

Летательный аппарат	Вертолет (Жесткая электромагнитная среда HIRF-III)	Самолет (Сертификационная электромагнитная среда HIRF-I)	Самолет (Нормальная электромагнитная среда HIRF-II)
Вертолет	Y	O или Y	O или Y
АС<25м	Не применяется	M или W	M или W
25м<АС <50м	Не применяется	M или W	M или W
АС>50м	Не применяется	O или Y	O или Y
Все типы ЛА	Не применяется	O или Y	O или Y

Выбор категории восприимчивости к полям излучения для систем индикации уровня А. Категории определены в таблице А-2 в терминах различных сред HIRF и ожидаемого уровня ослабления поля в местах размещения оборудования на самолете/вертолете.

Таблица А-2

Экранирование отсека, дБ.	Вертолет (Жесткая электромагнитная HIRF среда III)	Самолет (Сертификационная электромагнитная HIRF среда I)	Самолет (Нормальная электромагнитная HIRF среда II)
0 дБ	L	G	G
6 дБ	L	F	F
12 дБ	G	D	D
18 дБ	F	B	B

- Для Систем Уровня В оборудование должно быть испытано в лабораторных условиях на HIRF по категориям жесткости, не ниже (R;R).
- Для Систем Уровня С оборудование должно быть испытано в лабораторных условиях на HIRF по категориям жесткости, не ниже (T;T).
- Для Систем Уровня D оборудование должно быть испытано в лабораторных условиях на HIRF по категориям жесткости, не ниже (S;S).

Приложение В - Р20

Методика измерения эффективности экранирования электромагнитного поля корпусами бортового оборудования

В.1 Область применения

Методика предназначена для измерения эффективности экранирования электрической составляющей электромагнитного поля корпусами бортового оборудования (БО) в диапазоне частот от 400 МГц до 18 ГГц.

В.2 Общие положения

В.2.1 Эффективность экранирования корпуса является одним из важнейших параметров, влияющим на электромагнитную совместимость (ЭМС) бортового оборудования.

В.2.2 Количественной мерой эффективности экранирования поля корпусом оборудования служит эффективность экранирования, численно равная отношению напряженности поля, измеренной внутри и вне корпуса БО. Далее по тексту будем рассматривать эффективность экранирования корпусом БО электрической составляющей электромагнитного поля.

В.2.3 Методика ориентирована на проведение измерений эффективности экранирования корпусов БО в реверберационной ТЕМ камере типа РТЕМ-900. При разработке данной методики учтен опыт измерения экранирования конструкций по методу MS02, изложенный в стандарте США MIL-STD-1377. Методика основана на выполнении измерений в реверберационной ТЕМ камере в режиме смешивания мод, что позволяет в 3 - 6 раз повысить эффективность работ по измерению экранирования корпуса по сравнению с обычными методами, поскольку не требуется менять пространственного положения корпуса в камере и для каждого положения выполнять сканирование частотного диапазона.

В РТЕМ камере эффективность экранирования корпусов БО можно определить двумя способами:

- 1) в режиме приема, когда создают испытательное поле внутри камеры и измеряют мощность, наведенную на антенне внутри открытого и закрытого корпуса;
- 2) в режиме передачи, когда испытательный сигнал подводят к антенне, размещенной внутри испытуемого корпуса и измеряют мощность, наведенную на приемных антеннах РТЕМ камеры при открытом и закрытом корпусе.

Оба режима работы испытательной установки дают одинаковые результаты. *В данной методике выбран режим приема.* В случае необходимости, допустима работа установки в режиме передачи.

Эффективность экранирования корпуса БО от частоты может быть сильно изрезана из-за наличия многочисленных объемных резонансов, частоты которых могут не совпадать при повторных измерениях. Но экстремальные значения наведенных напряжений стабильны при повторных измерениях. Рекомендуется выбрать минимальные значения эффективности экранирования корпуса ($V_{\min}$) в восьми поддиапазонах частот: (400 - 700) МГц; (700 - 1000) МГц; (1 - 2) ГГц; (2 - 4) ГГц; (4 - 6) ГГц; (6 - 8) ГГц; (8 - 12) ГГц и (12 - 18) ГГц и использовать их в качестве оценки в условиях «наихудшего случая».

В.2.4 Процесс измерения эффективности экранирования электрического поля корпусом бортового оборудования состоит из следующих операций:

В.2.4.1 Электромагнитное поле в рабочей области РТЕМ камеры создают с помощью синхрогенератора анализатора спектра (при необходимости, применяют усилители мощности) и соответствующих излучателей, помещенных внутри камеры:

- в диапазоне частот от 400 МГц до 1 ГГц высокочастотный сигнал подают непосредственно на вход РТЕМ камеры, а к ее выходу подключают согласованную нагрузку 50 Ом;

- на частотах от 1 до 18 ГГц высокочастотный сигнал подают на вход передающей антенны, размещенной внутри корпуса РТЕМ камеры.

В.2.4.2 На каждой i -ой испытательной частоте измеряют мощность, наводимую в малогабаритной приемной антенне, размещенной внутри испытуемого корпуса, при раскрытом и закрытом корпусе:

- при раскрытом корпусе БО фиксируют максимальную мощность $P_{\text{прм1}}$ (дБ.мВт), принятую антенной за один полный оборот тюнера реверберационной ТЕМ камеры;

- при закрытом корпусе БО фиксируют максимальную мощность $P_{\text{прм2}}$ (дБ.мВт), принятую антенной, за один полный оборот тюнера реверберационной ТЕМ камеры.

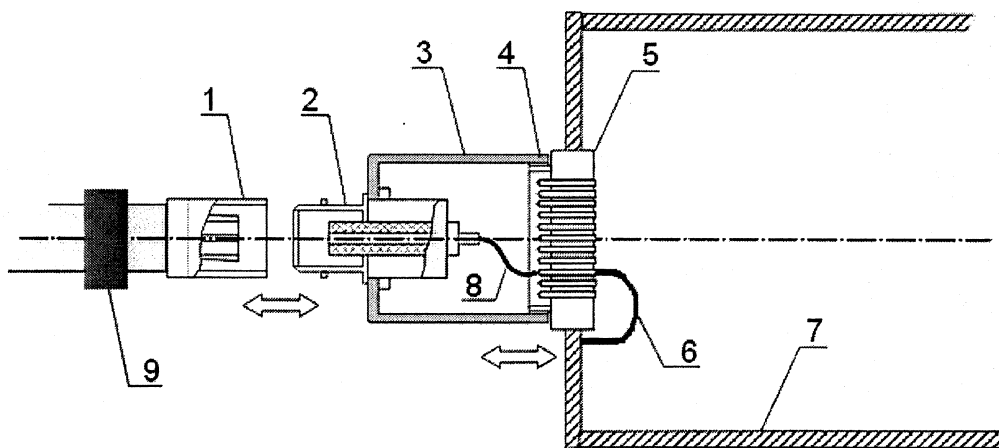
В.2.4.3 Эффективность экранирования корпуса определяют по формуле:

$$V_i [\text{дБ}] = P_{\text{прм1}} - P_{\text{прм2}}(1)$$

В качестве малогабаритной антенны, размещаемой внутри корпуса, может служить рамка, штырь, линейный проводник или другая подходящая антенна. Простейшей антенной может служить проводник, натянутый в середине корпуса параллельно его длинной стороне и закороченный на корпус. В качестве примера, в приложении В.1 даны основные параметры рекомендуемых малогабаритных антенн.

В тех случаях, когда в испытуемом корпусе нет места для размещения малогабаритной антенны, в качестве внутренней антенны можно использовать штатный проводник, соединяющий один из контактов внешнего соединителя с «землей» внутри корпуса. В этом случае на внешний соединитель надевают специальный экранированный адаптер (см. рисунок В-1), в котором размещен высокочастотный коаксиальный соединитель, центральный контакт которого соединен с заземленным контактом внешнего соединителя корпуса.

Измерение эффективности экранирования корпусов БО выполняют с помощью анализатора спектра, снабженного встроенным синхрогенератором. Выход синхрогенератора используют в качестве источников ВЧ и СВЧ энергии, а для измерения мощности сигналов, наводимых в приемных антеннах, используют вход анализатора спектра.



1 – высокочастотный разъем коаксиального измерительного кабеля; 2 – внешняя часть приборного коаксиального соединителя, установленного в экранированном адаптере; 3 – корпус экранированного адаптера; 4 – место соединения адаптера и разъема БО; 5 – соединительный разъем БО; 6 – контур заземления, используемый в качестве рамочной антенны; 7 – стенка корпуса БО; 8 – соединение, при помощи проводника, заземляющего контакта разъема БО и центрального проводника приборного разъема; 9 – ферритовое кольцо.

Рисунок В-1 – Схема использования штатного провода заземления в качестве рамочной внутренней антенны в корпусе БО.

В.2.5 Для проведения измерений по определению эффективности экранирования используют типовой корпус оборудования, из которого могут быть убраны функциональные и конструктивные элементы, не влияющие на его экранирующие свойства (печатные платы, перегородки из не экранирующих материалов и т.п.) - в целях размещения в центре корпуса

приемной антенны. При этом следует учитывать, что степень внутреннего заполнения корпуса влияет на его добротность на резонансных частотах. Поэтому следует удалять только минимально необходимое количество внутренних плат. Ближайшие к приемной антенне элементы в корпусе должны располагаться на расстоянии (d), исключающем их существенное влияние на параметры антенны (для рамочной антенны это расстояние не менее диаметра рамки, т.е. $d > 2 \cdot r$).

В.2.6 В испытуемом корпусе БО необходимо оставить все конструктивные элементы, влияющие на проникновение электрического поля (например: соединительные разъемы, регулировочные элементы, каналы охлаждения и т.п.).

В.2.7 Все внешние жгуты проводов должны быть отключены от соединительных разъемов корпуса, а сами разъемы закрыты металлическими заглушками.

В.2.8 Корпус БО, представленный для измерения эффективности экранирования, должен соответствовать нормативно-технической документации на испытуемое оборудование.

В.3 Условия проведения измерений

Измерения проводят в нормальных климатических условиях:

- температура окружающего воздуха $15 - 25^{\circ} \text{C}$;
- относительная влажность $45 - 80 \%$ при $t = 25^{\circ} \text{C}$;
- атмосферное давление $680 - 800 \text{ мм.рт.ст.}$

В.4 Подготовка к измерениям

В.4.1 Для измерения эффективности экранирования корпуса БО собирают измерительную установку, показанную на рисунке В-2. Установка состоит из следующих элементов:

- реверберационной ТЕМ камеры с одним или двумя тюнерами, в которой помещают испытуемый корпус БО;
- анализатора спектра с встроенным синхрогенератором;
- передающей широкополосной рупорной антенны, размещаемой внутри РТЕМ камеры;
- малогабаритных широкополосных антенн, размещаемых внутри корпуса БО.

При подготовке испытательной установки к измерениям, необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

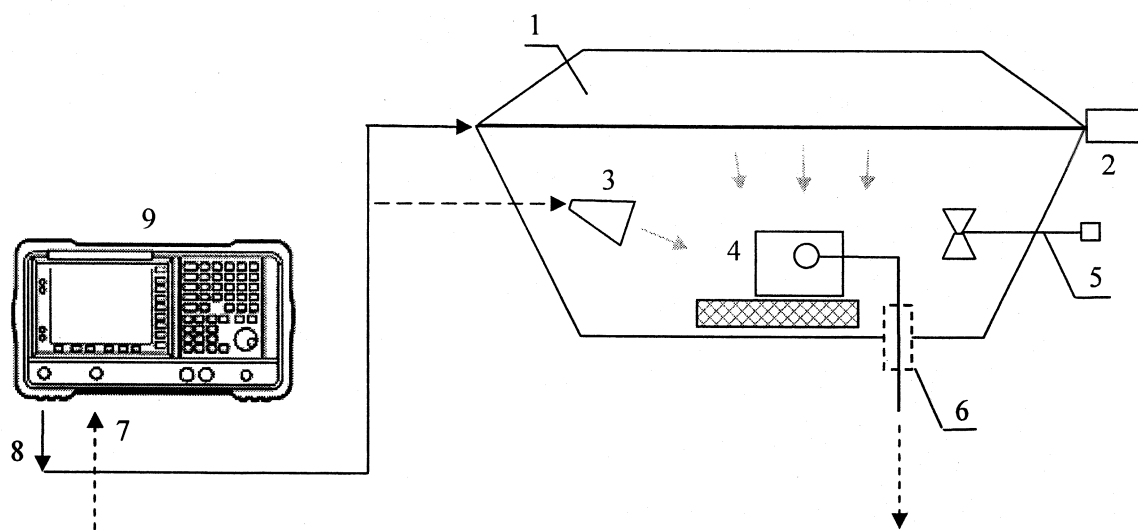
В.4.1.1 Все электрически проводящие элементы (включая испытуемое БО и антенны) необходимо удалить, по возможности, не менее чем на $0,25$ метра от стен камеры, чтобы минимизировать искажение электромагнитного поля, в первую очередь вблизи БО.

В.4.1.2 Все материалы, поглощающие электромагнитную энергию, должны быть удалены из реверберационной камеры, чтобы минимизировать мощность, необходимую для испытаний во всем частотном спектре.

В.4.1.3 Внутреннюю малогабаритную антенну устанавливают в испытуемом корпусе БО, используя для ввода имеющиеся отверстия от соединительных разъемов. Антенна должна быть, по возможности, удалена от стенок корпуса.

В.4.1.4 Должна быть проверена целостность экранирования измерительных кабелей, соединяющих приемные антенны с измерителем мощности, чтобы гарантировать, что утечка не искажает результатов измерений.

В.4.1.5 Измерение эффективности экранирования корпуса БО осуществляют путем непрерывного сканирования заданных частотных диапазонов.



1 – камера РТЕМ-900; 2 – нагрузка 50 Ом; 3 – передающая антенна; 4 – корпус БО с измерительной антенной, установленной внутри; 5 – тюнер; 6 – волновод камеры; 7 – сигнал от измерительной антенны на вход анализатора; 8 – выход синхрогенератора анализатора; 9 – анализатор спектра.

Рисунок В-2 - Блок-схема испытательной установки для измерения эффективности экранирования корпусов.

В.4.2 Применяемая измерительная аппаратура, должна быть проверена в соответствии с требованиями соответствующего стандарта.

Перечень рекомендуемой измерительной аппаратуры и ее основные технические характеристики приведены в таблице В-1.

В.4.3 Измерительные приборы устанавливают на металлической этажерке, вблизи от РТЕМ камеры. Корпуса измерительных приборов заземляют.

В.4.4 Металлический корпус РТЕМ камеры и корпус этажерки соединяют с системой заземления шиной шириной не менее 30 мм (по возможности минимальной длины).

В.4.5 ВЧ кабели, соединяющие генераторы сигнала с камерой и облучающей антенной, должны иметь минимально-возможную длину. ВЧ кабель от приемной малогабаритной антенны должен прокладываться по основанию камеры. Для снижения погрешности измерений, обусловленной рассогласованием малогабаритной антенны с ВЧ кабелем, к ее выходу рекомендуется подключить фиксированный аттенюатор на 5 - 10 дБ, а на измерительный кабель надеть ферритовое кольцо с магнитной проницаемостью 700-1000.

Таблица В-1

Тип измерительного прибора и его основные параметры	Значение параметров
Анализатор спектра с встроенным синхрогенератором: диапазон частот, МГц выходная мощность синхрогенератора дБмВт, не менее чувствительность измерительного входа, дБмВт, не менее	400 - 18000 -10 -110
Реверберационная ТЕМ камера типа РТЕМ-900: диапазон частот, МГц расстояние между центральной пластиной и днищем, м рабочая зона (объем), не более, м	400 - 18000 0,89 0,5 × 0,5 × 0,5
Излучающая антенна типа П6-23М: диапазон частот, МГц	400 - 18000
Малогабаритные антенны: диапазон частот, МГц	400 - 18000

В.5 Порядок проведения измерений.

В.5.1 Весь контролируемый частотный диапазон 400 МГц – 18 ГГц разбивают на 8 поддиапазонов, указанных в п.2.3. Задача заключается в определении минимального значения эффективности экранирования корпуса БО внутри каждого поддиапазона.

В.5.2 Методика измерения эффективности экранирования заключается в следующем:

В.5.2.1 Раскрывают испытуемый корпус и закрепляют в нем малогабаритную антенну. Устанавливают раскрытый корпус в РТЕМ камере и надежно заземляют. Подсоединяют согласованную нагрузку в 5 - 10 дБ к выходу малогабаритной антенны, а к ее выходу высокочастотный кабель с ферритовым кольцом. К другому концу кабеля подключают вход анализатора спектра.

Сканируют заданный диапазон частот при вращении тюнера настройки РТЕМ камеры со скоростью 2 - 4 об/мин., в режиме фиксации анализатором спектра максимальных значений измеряемой мощности. Фиксируют измеренные значения мощности $P_{\text{прм1}}(f)$.

В.5.2.2 Закрывают корпус испытуемого БО. Сканируют заданный диапазон частот при вращении тюнера настройки РТЕМ камеры со скоростью 2 - 4 об/мин., в режиме фиксации анализатором спектра максимальных значений измеряемой мощности. Фиксируют измеренные значения мощности $P_{\text{прм2}}(f)$.

В.5.2.3 По формуле (1) рассчитывают эффективность экранирования корпуса.

В.5.2.4 Повторяют операции 5.2.1 - 5.2.3 для всех поддиапазонов частот.

В.5.3 В тех случаях, когда измеряют эффективность экранирования пустого корпуса без печатных плат и компонентов, то получают результат для условий «наихудшего случая». Экспериментально установлено, что добротность объемного резонанса корпуса БО, заполненного печатными платами с электронными компонентами снижается и, как правило, не превышает 50. Поэтому на резонансных частотах эффективность экранирования пустого корпуса ниже, чем полностью укомплектованного.

В.6 Обработка результатов измерений

В.6.1 В каждом из выделенных 8 поддиапазонов частот определяют частоту с минимальным значением эффективности экранирования корпуса.

В.6.2 В пределах каждого поддиапазона частот эффективность экранирования корпуса B_p принимается постоянной и равной минимальной измеренной (в этом поддиапазоне)

$$B_p(i) = B_{\text{экр.мин}} \cdot (f)$$

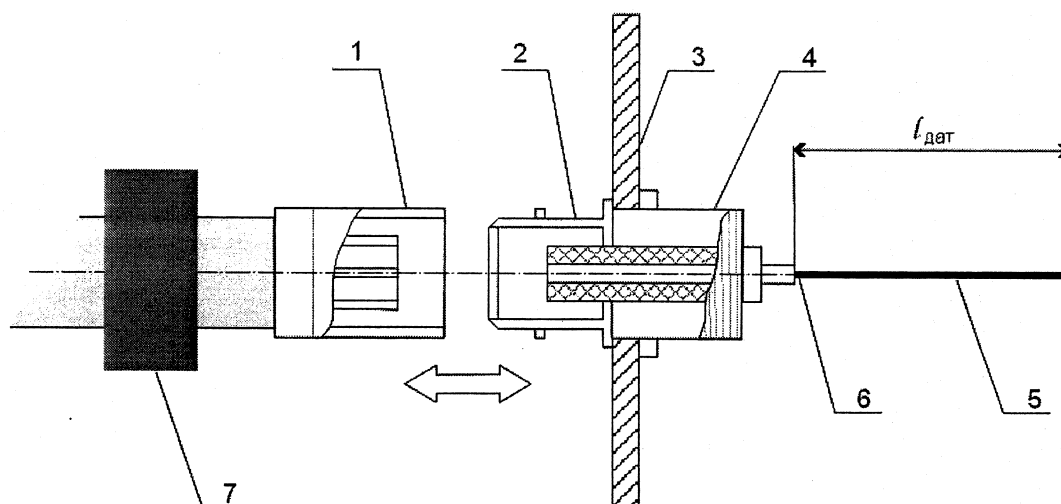
Результаты измерений коэффициентов экранирования корпуса БО представляют в табличном или графическом виде.

Приложение В.1 - Р20

Основные параметры малогабаритных антенн для исследуемого корпуса.

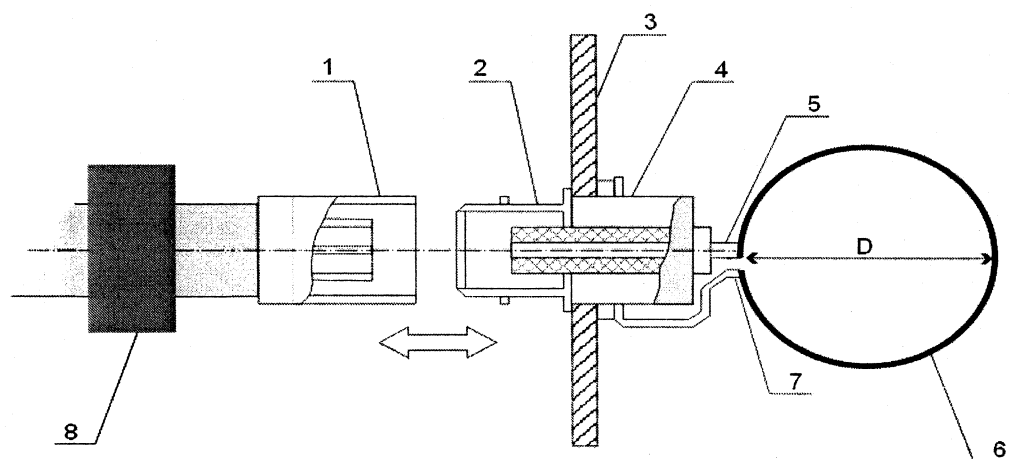
Антенны (датчики электрического поля) представляют собой малогабаритные рамки или штыревые антенны, которые должны изготавливаться индивидуально для каждого конкретного корпуса БО. Для уменьшения влияния стенок корпуса БО на коэффициент усиления датчика, его длина ($l_{\text{дат}}$) должна быть не более $1/3$ от минимального расстояния между стенками ($L_{\text{мин}}$) корпуса БО, т.е. $l_{\text{дат}} \leq (1/3) \cdot L_{\text{мин}}$. Длина штыря (диаметр рамки, D) не должны превышать четверти длины волны на максимальной частоте контролируемого диапазона частот ($l_{\text{дат}} < \lambda/4$). Коэффициент преобразования штыревой антенны выше, чем рамки, но на параметры штыревой антенны, в отличие от рамки, сильно влияют стенки корпуса БО. На приемной стороне кабеля, соединяющего датчик с измерителем, рекомендуется поместить ферритовое кольцо

Датчики электрического поля должны изготавливаться из хорошо проводящего материала, например: медного провода диаметром 2-3 мм. Для лучшего согласования датчика, его штырь (диполь) рекомендуется делать с плавным, коническим переходом от основания на нулевой диаметр на конце. Датчик поля должен иметь высокочастотный разъем для подключения измерительных приборов. Примеры изготовления простейших датчиков для измерения эффективности экранирования корпусов БО приведены на рисунках В.1а, В.1б и В.1в.



1 – высокочастотный разъем коаксиального кабеля; 2 – соединительная часть приборного разъема; 3 – стенка корпуса БО; 4 – внутренняя часть приборного разъема; 5 – металлический штырь; 6 – место пайки штыря и центрального проводника приборного разъема; 7 -- ферритовое кольцо

Рисунок В.1а - Малогабаритная штыревая антенна.



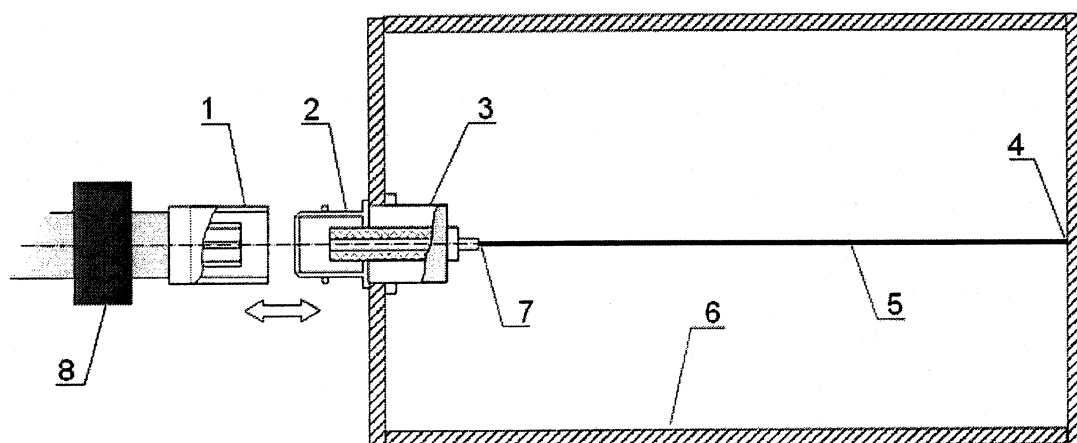
1 – высокочастотный разъём коаксиального кабеля; 2 – соединительная часть приборного разъёма; 3 – стенка корпуса БО; 4 – внутренняя часть приборного разъёма; 5 – место пайки рамки и центрального проводника приборного разъёма; 6 – металлическая рамка; 7 – место пайки рамки и заземляющего проводника приборного разъёма; 8 – центральный проводник коаксиального кабеля

Рисунок В.16 – Малогабаритная рамочная антенна.

Наряду с электрическими диполями, для измерения эффективности экранирования корпусов БО можно применять антенну в виде проводника, соединенного с внутренней поверхностью корпуса. Проводник размещают в середине испытуемого корпуса, как показано на рисунке В.1в.

Проволочная антенна имеет ряд преимуществ перед штыверной антенной:

- она имитирует проводник печатной платы данного корпуса;
- при размещении антенны вдоль длинной стороны корпуса и при длине проводника, примерно равной длине корпуса БО, выполняются условия «наихудшего случая экранирования», когда одновременно может происходить основной резонанс корпуса и резонанс проводника антенны;
- антенна может быть выполнена в виде печатного проводника на плате.



1 – высокочастотный разъём коаксиального кабеля; 2 – соединительная часть приборного разъёма; 3 – внутренняя часть приборного разъёма; 4 – место пайки проводника-антенны и стенки корпуса БО; 5 – проводник-антенна; 6 – стенка корпуса БО; 7 – место пайки проводника-антенны и центрального проводника приборного разъёма; 8 – центральный проводник коаксиального кабеля

Рисунок В.1в - Схема подключения проволочной антенны в корпусе БО.

Приложение С - Р20 РЕКОМЕНДУЕМОЕ

Альтернативная методика проведения испытаний бортовых систем на восприимчивость к воздействию полей излучения в реверберационной ТЕМ камере типа РТЕМ-900

С.1 Общие сведения

Несимметричная реверберационная ТЕМ камера типа РТЕМ-900 предназначена для проведения испытаний малогабаритного бортового оборудования на восприимчивость к воздействию полей излучения в частотном диапазоне от 100 МГц до 18 ГГц. Рабочий объем камеры, в которой обеспечивается однородность электромагнитного поля с точностью ± 3 дБ, представляет собой куб с ребром 0,5 м.

Наименьшая рабочая частота (LUF) камеры РТЕМ-900 составляет 110 МГц.

Дополнительной калибровки однородности поля для данного типа реверберационной камеры не требуется.

Точное определение порога восприимчивости испытуемого БО выполняют при неподвижном тюнере камеры, поэтому контролировать постоянную времени не требуется.

С.2 Подготовка к проведению испытаний при использовании камеры РТЕМ-900

С.2.1 Требования к рабочим характеристикам камеры

С.2.1.1 Минимальная используемая частота для работы испытательной камеры в режиме реверберации должна быть в шесть раз больше первой резонансной частоты. Минимальная используемая частота с дополнительным выравниванием мощности может быть в три раза больше первой резонансной частоты.

Для частот, больших или равных шестикратной первой резонансной частоте, входная мощность камеры ($P_{вх}$) равна мощности падающей волны, т.е. $P_{вх} = P_{пад}$. Если излучаемые частоты меньше шестикратного значения первой резонансной частоты, то входная мощность камеры ($P_{вх}$) равна разности мощностей падающей и отраженной волн, т.е. $P_{вх}(Вт) = P_{пад} - P_{отр}$.

С.2.1.2 Высокочастотный сигнал от источника (генератор и усилитель мощности) подают следующим образом:

- на частотах от 100 до 1000 МГц – непосредственно на вход камеры;
- на частотах от 1 до 18 ГГц – на вход соответствующей антенны, размещенной внутри камеры.

При этом, к входам неиспользуемых антенн и к выходу камеры подключают согласованную нагрузку 50 Ом.

С.2.1.3 Входная мощность источника, необходимая для создания поля заданной величины внутри камеры, определяется на основании калибровочной характеристики пустой камеры. Испытательное бортовое оборудование (далее по тексту – БО) и дополнительное оборудование, находящееся в камере, уменьшают ее добротность Q , следовательно, уменьшают и излучаемое поле при одной и той же входной мощности. Поэтому поля в нагруженной камере должны регулироваться, а входная мощность увеличиваться, если это необходимо, чтобы компенсировать эту нагрузку. Для текущего контроля и регулировки напряженности поля в камере следует использовать показания напряженности поля малогабаритного изотропного датчика.

С.2.1.4 Диаметр и высота тюнеров камеры должны составлять половину длины волны на самой низкой частоте. Они должны быть одинаковыми и асимметричными, их размещают в реверберационной камере согласно рекомендациям, данным в разделе 20.6. К каждому тюнеру подключают электродвигатель с редуктором, причем двигатель находится за пределами камеры. Применяют двигатель непрерывного вращения с регулируемой скоростью, которую выбирают исходя из инерционности испытываемого оборудования.

Критерий выбора скорости вращения тюнера следующий: при непрерывном вращении

тюнера, время ($t_{\text{тюн}}$), в течение которого напряженность поля в камере изменяется от значения ($E_{\text{макс}} - 3\text{дБ}$) до $E_{\text{макс}}$ и далее до ($E_{\text{макс}} - 3\text{дБ}$), должно быть не менее инерционности испытуемого изделия ($t_{\text{инБО}}$), т.е. $t_{\text{тюн}} > t_{\text{инБО}}$ ($E_{\text{макс}}$ – максимальное значение напряженности поля, полученное за один оборот тюнера).

Характеристики камеры должны проверяться на нескольких частотах, в диапазоне от минимальной до максимальной используемой частоты. Отношение максимальной принимаемой мощности к минимальной за один оборот тюнера должно быть не менее 20 дБ.

С.2.2 Калибровка пустой камеры РТЕМ-900 по напряженности испытательного поля

Перед проведением испытаний выполнить одноразовую калибровку пустой камеры (без испытуемого оборудования), используя следующую методику:

С.2.2.1 Источник сигнала включить в режим несущей, без модуляции (CW). Начиная с минимальной рабочей частоты камеры, настроить источник сигнала на излучение соответствующей входной мощности $P_{\text{вход}}$. Для частот, больших шестикратной резонансной частоты, используют мощность падающей волны. Для частот между трехкратным и шестикратным значениями первой резонансной частоты используют проходящую мощность. Частота испытательного сигнала должна быть в рабочей полосе приемной антенны изотропного датчика поля, применяемого для контроля напряженности поля в камере.

С.2.2.2 Настроить прибор измерения напряженности поля на нужный частотный диапазон и подключить к нему соответствующую антенну.

С.2.2.3 Плавное поворачивать тюнер непрерывно в пределах 360 градусов, таким образом, чтобы прибор для измерения напряженности поля охватывал полный цикл формируемого поля в пределах одного полного оборота тюнера. При работе с измерителем напряженности поля необходимо учитывать инерционность его индикатора.

С.2.2.4 Зафиксировать тюнер в положении максимальной величины напряженности поля. Изменяя амплитуду выходного сигнала генератора, получить на индикаторе измерителя напряженность поля, требуемую для заданной категории жесткости БО ($E_{\text{ном}; +3; -0}$) дБ. Зафиксировать измеренное значение напряженности поля ($E_{\text{изм}}$), значение выходной мощности генератора ($P_{\text{ген}}$) и входной мощности камеры ($P_{\text{вход}}$).

С.2.2.5 Повторить рассмотренную выше процедуру для каждой контрольной частоты. Калибровку пустой камеры выполняют со следующим шагом по частоте:

- на частотах от 400 МГц до 1000 МГц с интервалом 100 МГц;
- на частотах от 1 до 4 ГГц с интервалом 250 МГц;
- на частотах от 4 до 18 ГГц с интервалом 1000 МГц.

На основе полученных результатов построить калибровочную характеристику пустой камеры в виде зависимости мощности на выходе генератора от частоты $P_{\text{ген}} = \varphi(f)_{E_{\text{изм}} \approx E_{\text{ном}}}$. На этом же графике построить зависимость мощности на входе камеры от частоты, т.е. $P_{\text{вход}} = \varphi(f)_{E=E_{\text{ном}}}$. Первый график используют для задания мощности испытательного сигнала в процессе испытаний, а второй - для визуального контроля правильности работы испытательной установки.

С.2.3 Определение коэффициента реверберации

С.2.3.1 Используя постоянную входную мощность и немодулированный (CW) сигнал, произвести выборку значений принимаемой мощности за один полный оборот тюнера.

С.2.3.2 Подсчитать разность в дБ между максимальным и минимальным сигналом.

С.2.3.3 Повторить измерения на характерных частотах: 0,5; 1; 3; 5; 7; 10; 13; 15 и 18 ГГц.

С.2.3.4 Отношения максимальной принимаемой мощности к минимальной за один полный оборот тюнера должно равняться или быть больше 20 дБ. В противном случае следует отрегулировать размер и форму тюнера для улучшения настройки и повторить определение коэффициента реверберации.

С.2.4 Испытательная установка

С.2.4.1 За исключением случаев, специально оговоренных, требования раздела относятся к работе камеры в режиме реверберации. Испытательная установка должна иметь вид, изображенный на рисунке С.1. Испытуемое оборудование размещают в рабочей зоне РТЕМ камеры, учитывая что испытуемое оборудование должно отстоять от стенки камеры на одну треть волны при минимальной контрольной частоте. Передающая и приемная антенны не должны непосредственно облучать испытуемое оборудование или друг друга. Направленность антенн в углы камеры является оптимальной конфигурацией.

С.2.4.2 Установить режимы работы испытуемого БО, испытательного оборудования, подключить все управляющие цепи и нагрузки.

С.2.4.3 Источник сигнала подключают к облучающей антенне.

С.3 Проведение испытаний

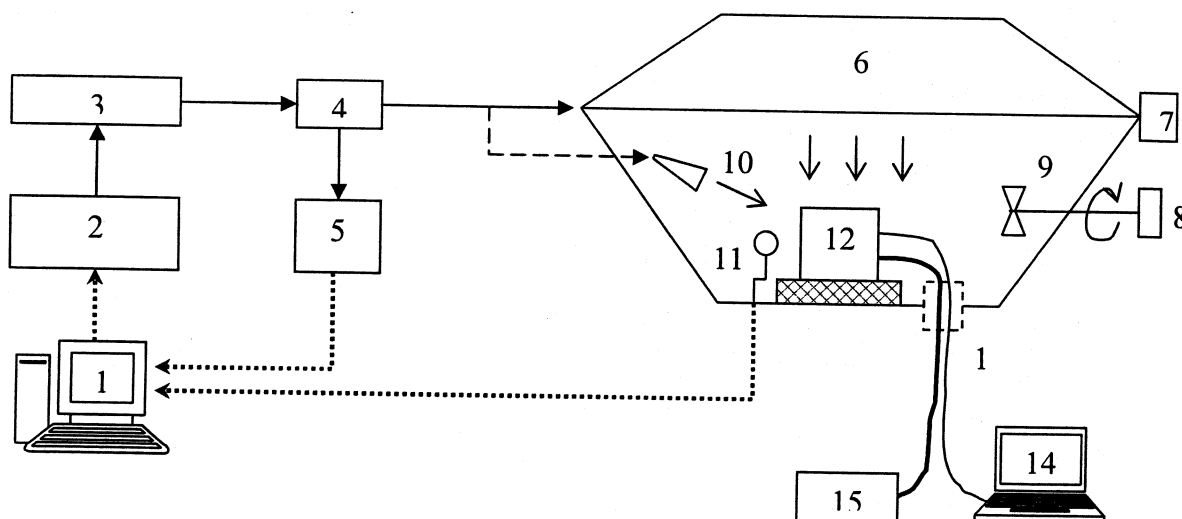
С.3.1 Последовательность испытаний

Испытания проводят в два этапа.

С.3.1.1 На первом этапе выполняют сканирование контролируемого частотного диапазона в автоматическом режиме, при непрерывном вращении тюнера. Уровень выходного сигнала генератора задают по калибрационной характеристике пустой камеры. В ходе сканирования фиксируют частоты, на которых происходит ухудшение рабочих характеристик испытуемого оборудования.

П р и м е ч а н и е – Для исключения случаев пропуска частот повышенной восприимчивости БО к полям излучения, сканирование рекомендуется проводить при повышенной на 3 - 6 дБ напряженности испытательного поля, по сравнению с калибровочной характеристикой.

С.3.1.2 На втором этапе, на 3 - 5 ранее зафиксированных частотах, в стационарном режиме (без вращения тюнера) определяют пороги восприимчивости изделия к полю излучения.



1 – управляющий персональный компьютер; 2 – генератор испытательного сигнала; 3 – усилитель; 4 – направленный ответитель; 5 – измеритель мощности; 6 – РТЕМ-камера; 7 – нагрузка 50 Ом на конце центральной пластины камеры; 8 – мотор тюнера; 9 – тюнер; 10 – передающая антенна; 11 – антенна измерителя электромагнитного поля; 12 – испытуемое БО; 13 – волновод камеры для проводки жгутов линий связи и питания; 14 – контрольно-проверочная аппаратура испытуемого блока; 15 – источник питания БО.

Рисунок С.1 – Схема установки для измерений восприимчивости БО в реверберационной ТЕМ камере.

С.3.2 Сканирование контролируемого диапазона частот

С.3.2.1 Установить на высокочастотном генераторе первую испытательную частоту. Включить на генераторе требуемый тип и параметры модуляции и задать для первой частоты по калибровочной характеристике мощность сигнала на выходе генератора и увеличить дополнительно мощность на 3 – 6 дБ. Тюнер испытательной камеры включить в режим непрерывного вращения со скоростью 2 об/мин.

С.3.2.2 Облучать испытуемое изделие на каждой частоте не менее 10 секунд, если не задано более продолжительное время экспозиции. Контролировать качество функционирования испытуемого изделия во время облучения.

П р и м е ч а н и е – Текущую напряженность поля в камере контролируют путем ее непосредственного измерения с помощью изотропного измерителя.

С.3.2.3 Провести сканирование частотного диапазона до верхнего частотного предела, используя соответствующие антенны и модуляцию. В процессе сканирования оценить работу испытуемого оборудования и определить соответствие стандартам на его рабочие характеристики. Фиксировать все частоты, на которых при облучении ухудшается качество функционирования испытуемого изделия. Выбрать из числа зафиксированных при сканировании частот 3 – 5, на которых было отмечено наибольшее влияние помех.

С.3.3 Определение порога восприимчивости испытуемого изделия

С.3.3.1 Настроить генератор высокой частоты на первую выбранную ранее частоту повышенной восприимчивости БО. Выключить мотор вращения тюнера реверберационной камеры. Вручную вращать тюнер для получения максимальной напряженности поля при зафиксированной мощности на выходе генератора. Фиксировать положение тюнера и медленно увеличивать выходную мощность генератора сигналов. Записать максимальную выходную мощность генератора ($P_{\text{ген. макс}}$), при которой еще обеспечивается заданное качество функционирования испытуемого изделия и фиксировать соответствующую пороговую напряженность поля внутри камеры ($E_{\text{порог}}$).

Сравнить полученное значение $E_{\text{порог}}$ с напряженностью поля $E_{\text{ном1}}$: если $E_{\text{порог}} \geq E_{\text{ном1}}$, то восприимчивость испытуемого изделия соответствует требованиям НТД. В противном случае - восприимчивость изделия не соответствует требованиям НТД.

С.3.3.2 Определить пороги восприимчивости испытуемого изделия на всех остальных выбранных частотах повышенной восприимчивости БО к полям излучения, как это указано в пункте (а). На основе полученных результатов определить минимальный порог восприимчивости БО к полям излучения ($E_{\text{мин}}$) и соответствующую частоту ($f_{\text{мин}}$).

С.4 Оценка результатов испытаний

Испытуемая система считается выдержавшей испытания при воздействии электромагнитного поля в диапазоне от 0,4 до 18,0 ГГц, если все измеренные пороги восприимчивости $E_{\text{мин}}(f_i)$ выше напряженности поля $E_{\text{ном}}$, т.е. $E_{\text{мин}}(f_i) > E_{\text{ном1}}$.

КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

КТ-160G/14G

**УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
ДЛЯ БОРТОВОГО АВИАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Раздел 21

ГЕНЕРАЦИЯ РАДИОЧАСТОТНОЙ ЭНЕРГИИ

КТ-160G/14G

Заменяет: КТ-160D

Дата выпуска: 2015г.

Подготовлен: РГ-ВВФ

Издан: НИИАО

21.0 Генерация радиочастотной энергии

21.1 Цель испытаний

Данные испытания должны установить, что оборудование не генерирует нежелательных радиочастотных помех, превышающих уровни, указанные ниже. "Вырезы" в требованиях к предельным уровням излучаемых помех сделаны для защиты бортовых приемников радиочастотных сигналов на их рабочих частотах.

21.2 Категории оборудования

Категории устанавливаются в зависимости от местоположения и расстояния между оборудованием и бортовыми антеннами. Так как эти параметры связаны с типом и размером воздушного судна, то с каждым определением категории даются поясняющие примеры.

Категория В

Данная категория предназначена, в первую очередь, для оборудования, размещенного в экранированных отсеках, вдали от апертур и приемных антенн, работа которого не может создать помех другим системам воздушного судна.

Категория L

Данная категория предназначена для оборудования и соединительных кабелей, расположенных в областях, удаленных от вырезов в конструкции воздушного судна (например, иллюминаторов) и от антенн радиоприемников. К данной категории может принадлежать оборудование и соединительные кабели, находящиеся в отсеке электронного оборудования воздушного судна.

Категория М

Данная категория предназначена для оборудования и соединительных кабелей, расположенных в областях, где вырезы в конструкции существенны для электромагнитного излучения, но данные области не находятся непосредственно в секторе обзора антенн радиоприемников. К данной категории может принадлежать оборудование и связанные с ним соединительные кабели, находящиеся в пассажирском салоне или в кабине экипажа воздушного судна.

Категория Н

Данная категория предназначена для оборудования, расположенного в областях, находящихся непосредственно в секторе обзора антенн радиоприемников. К данной категории обычно относится оборудование, расположенное на внешней поверхности воздушного судна.

Категория Р

Данная категория предназначена для оборудования и связанных с ним соединительных кабелей, находящихся в областях, расположенных вблизи ВЧ – СВЧ – и GPS приемников, или в местах, где конструкция летательного аппарата не обеспечивает достаточного экранирования.

Категория Q

Данная категория предназначена для оборудования и связанных с ним соединительных кабелей, находящихся в областях, расположенных вблизи ОБЧ – и GPS приемников, или в местах, где конструкция летательного аппарата не обеспечивает достаточного экранирования.

21.3 Общие требования

Данный раздел не распространяется на методы измерения или контроля сигналов кондуктивных помех на антенных входах радиоприемников или радиопередатчиков. Методика данного контроля должна быть указана в стандарте на их характеристики. Радиопередатчики, работающие в режиме ожидания (без излучения сигнала) должны удовлетворять установленным требованиям к генерации помех (включая выбранную частоту $\pm 50\%$ от полосы частот между смежными каналами)

***Примечание:** Не следует измерять излучение антенны, или, в случае приемников, любое излучение на выбранной частоте, равной $\pm 50\%$ от полосы частот между смежными каналами, когда передатчик включен, и подает радиочастотную энергию в нагрузку.*

Испытуемое оборудование должно быть установлено на заземленной пластине и должно работать в соответствии с критериями, указанными в разделе 20.3, параграф а и параграф б, в частях 1, 2, и 5 со следующими ограничениями и дополнениями:

- a. Для измерения излучаемых помех, в соответствии с разделом 21.5, расстояние антенны от края заземленного экрана и расстояние от испытуемого оборудования до края заземленного экрана должно сохраняться таким, как показано на рис. 21-11.
- b. Помехи необходимо измерять, используя функцию пикового детектора аппаратуры для измерения помех. Можно использовать приборы для измерения помех с переключаемой полосой пропускания промежуточных частот (BW); при этом выбранная полоса пропускания усилителя промежуточных частот BW должна иметь значения, указанные в табл. 1.
- c. Линия стабилизации полного сопротивления цепи (эквивалент сети) должна использоваться в соответствии с рис. 21-6. На рис. 20-1 приведены основные технические характеристики эквивалента сети.
- d. Общие провода цепей питания, непосредственно соединенные с заземленным экраном, в соответствии с разделом 20.3.а (6), не проверяются.
- e. Постоянная времени пикового детектора должна быть меньше или равна $1/BW$. Там, где применимо, ширину полосы видеочастот следует выбирать равной или превышающей ширину полосы частот, обеспечивающей необходимое разрешение.
- f. Для обнаружения помех, меняющихся по времени, может оказаться необходимым выбирать величины времени выдержки, развертки и измерения, превышающие по длительности величины, указанные в табл. 1. Времена выдержки, указанные в табл. 1 связаны с возможной скоростью изменения, составляющей около 60 Гц.

- g. Для измерения излучаемых помех на каждом режиме измерения должно производиться сканирование всего диапазона частот. При использовании для измерения излучаемых помех аналоговых измерительных приемников минимальное время измерений должно быть таким, как указано в табл.1. Синтезированные измерительные приемники должны иметь шаг, равный половине ширины диапазона частот или менее, а время выдержки при измерениях должно быть таким, как указано в табл. 1. Могут использоваться более широкие полосы частот приемника; однако это может привести к высоким уровням измеренных помех излучения.

НИКАКОЙ КОРРЕКТИРУЮЩИЙ МНОЖИТЕЛЬ НЕ ДОЛЖЕН ПРИМЕНЯТЬСЯ К ДАННЫМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БОЛЕЕ ШИРОКОЙ ПОЛОСЫ ЧАСТОТ ПРИЕМНИКА.

- h. Зарегистрированные данные должны обеспечивать минимальное разрешение по частоте, равное 1% или удвоенной полосе частот измерительного приемника (выбирается менее жесткая величина), и минимальное разрешение по амплитуде, равное 1 дБ.
- i. Должна обеспечиваться непрерывная автоматическая регистрация данных излучения в виде профиля зависимости амплитуды от частоты.
- j. Данные, необходимые для составления отчета – Отчет об испытаниях должен включать в себя указанные ниже данные и схемы установок:
1. Конфигурация кабеля (ей) – Должны быть указаны длины всех кабелей, типы проводов, экранов и заделок экранов (включая индивидуальную и общую экранировку); должна быть указана схема проводки измерительной аппаратуры.
 2. Схемы испытательных установок – Принципиальные схемы, блок-схемы или фотографии всех испытательных установок, на которых должны быть отражены расположение соединительных кабелей, места ввода переходных сигналов, положение измерительных датчиков, и методы металлизации испытуемого оборудования.
 3. Режим(ы) работы оборудования – Режим(ы) работы, используемые при испытаниях на генерацию помех.
 4. Нагрузка (нагрузки) – Описание всех нагрузок, как реальных, так и моделируемых. Для моделируемых нагрузок должна быть указана степень моделирования полного сопротивления между линией и другими линиями и между линиями и корпусом (землей).

Табл.1 Полоса частот и время измерений

Полоса частот	Полоса частот 6 дБ (BW)	Минимальное время выдержки (секунды) для разделов 21.4 и 21.5	Минимальное время сканирования для полосы частот (секунды) в разделе 21.6	Минимальное время измерений для аналоговых измерительных приемников
От 0,150 до 30 МГц	1 кГц	0,015	-	0,015 сек/кГц
От 30 до 100 МГц	10 кГц	0,015	-	1,5 сек/МГц
От 100 до 400 МГц	10 кГц	0,015	9	1,5 сек/МГц
От 0,400 до 0,96 ГГц	100 кГц	0,015	1	0,15 сек/МГц
От 0,96 ГГц до 6 ГГц	1 МГц	0,015	1	15 сек/ГГц

Примечание 1: Может оказаться необходимым использование предварительного усилителя с низким уровнем шума, включенного в линию на выходе антенны, соединенной с измерительным приемником, с целью снижения уровня собственного шума при измерениях в провалах ("вырезках") на частотах выше 960 МГц, определенных для категорий М, Н, Р и Q.

Примечание 2: Для измерительных приемников или анализаторов спектра, обладающих свойством "максимального захвата", которое позволяет сохранять максимальные определенные уровни после нескольких сканирований в заданном диапазоне частот, допускается применение нескольких сканирований с высокой скоростью, которые обеспечивают то же самое минимальное время испытаний, указанное в табл. 1.

21.4 Кондуктивные радиочастотные помехи

Кондуктивные помехи измеряются в диапазоне от 150 кГц до 152 МГц. Токи помех, генерируемых оборудованием, должны измеряться с помощью устройства измерения помех без разрыва цепи.

- Помехи, создаваемые испытуемым оборудованием в диапазонах частот, не должны превышать величин, указанных на рис. 21-1, 21-3 или 21-4 в любой линии питания, нормально соединенной с шиной летательного аппарата.
- Помехи, создаваемые испытуемым оборудованием в диапазонах частот, не должны превышать величин, указанных на рис. 21-2, 21-3 или 21-5, в любых соединительных кабелях. Линии первичного электропитания не рассматриваются в качестве соединительных кабелей. Фидерные кабели антенн рассматриваются в качестве соединительных кабелей, когда они не работают в режиме передачи или приема.
- На рис. 21-6 показана упрощенная схема установки для использования пробника тока.
- Пробник тока устанавливается на расстоянии, равном пяти сантиметрам, от испытуемого оборудования. Если длина соединителя и его тыльной части превышает пять сантиметров, необходимо устанавливать пробник как можно ближе к тыльной части соединителя и отметить его положение.
- Необходимо замерить и зарегистрировать помехи, создаваемые оборудованием, и использовать соответствующие предельные значения, указанные на рис. 21-1, 21-2, 21-3, 21-4 и 21-5 для выбранной категории.

21.5 Излучаемые радиочастотные помехи

Излучаемые радиочастотные помехи измеряются в диапазоне от 100 до 6000 МГц

- a. Поля излучаемых помех, генерируемых оборудованием в диапазонах частот, не должны превышать величин, указанных на рис. 21-7, 21-8, 21-9 и 21-10 для соответствующих категорий, в любом блоке, кабеле, или соединительной проводке.
- b. Типовая схема оборудования для проведения испытания на излучаемые радиочастотные помехи показана на рис. 21-11.
- c. Для определения величины напряженности поля используется соответствующая антенна с учетом ее антенного фактора, добавляемого к измеренному напряжению в децибелах, отсчитываемых относительно уровня в 1 мкВ. Кроме того, должен быть учтен соответствующий поправочный коэффициент на потери в кабелях и согласование цепей.
- d. Для измерения излучаемых помех требуются линейно-поляризованные антенны. Излучения измеряются как при горизонтальной, так и при вертикальной ориентации антенн.
- e. Вырезы в испытуемом оборудовании (например, дисплеи, ЭЛТ, соединители) должны быть направлены непосредственно на приемную антенну, для чего могут потребоваться дополнительная ориентация оборудования и изменения положения антенны. Если все вырезы в оборудовании не направлялись в сторону приемной антенны, то обоснование этого должно быть приведено в отчете по испытаниям.
- f. Следует применять режимы работы испытуемого оборудования, создающее максимальное излучение.
- g. Данные фонового излучения (испытуемое оборудование "Выкл", испытательное оборудование "Вкл") требуются только в случае, когда излучение испытуемого оборудования превышает величину, которая на 3 дБ ниже предельного значения для выбранной категории.
- h. Стала обычной инженерной практикой проверка фонового излучения перед испытаниями на излучение помех; при этом желательно, чтобы фоновое излучение было, по крайней мере, на 6 дБ ниже предельного уровня излучения для выбранной категории.
- i. Измеряются и регистрируются излучения испытуемого оборудования с использованием соответствующих предельных значений, указанных на рис. 21-7, 21-8, 21-9 и 21-10 для выбранной категории.

21.6 Излучаемые радиочастотные помехи – Реверберационная камера

Вместо измерений излучаемых радиочастотных помех, рассмотренных в разделе 21.5, данные измерения помех можно производить в реверберационной камере.

21.6.1 Требования к реверберационной камере

В реверберационной камере должно предусматриваться непрерывное вращение устройства настройки камеры (активный режим). Реверберационная камера должна удовлетворять требованиям к равномерности поля на частотах 100 МГц и выше в соответствии с разделом 20.6.3.

21.6.2 Потери ввода в реверберационную камеру

- a. Установите испытательный стенд(ы), испытуемое оборудование и проводку в реверберационную камеру. На испытуемое оборудование не должно подаваться электропитание. Питание не должно подаваться и на все вспомогательное оборудование. Оборудование и проводка должны удовлетворять требованиям, указанным в разделе 20.3.а. (5). Оборудование и связанная с ним проводка должны находиться внутри рабочего объема, указанного на рис. 20-13. Упрощенная схема показана на рис. 21-12.
- b. Приемная антенна должна иметь диапазон частот, соответствующий испытательным частотам оборудования. Если во время стандартных испытаний приемная антенна установлена в фиксированном положении, требуется, чтобы одним из положений, используемых во время проверки равномерности, было предполагаемое постоянное положение приемной антенны.

Примечание: *Очень важно минимизировать влияние прямой связи между антенной и испытуемым оборудованием.*

- c. Включите анализатор спектра или пиковый детектор приемника помех, используя режим запоминания пиковых значений индикатора.
- d. Включите сигнал-генератор на режим развертки в диапазоне частот, указанный в табл.1. Разделите время развертки сигнал-генератора на 100, и установите время развертки анализатора спектра на эту величину с полосой пропускания промежуточных частот (IF BW), равной 1 МГц. Умножьте скорость развертки сигнал-генератора на 100 для того, чтобы получить минимальное время одного поворота устройства настройки.
- e. Когда сигнал-генератор радиочастот сканирует диапазон частот, выбранный в разделе 21.6.2(d), произведите регулировку источника радиочастотной энергии для подачи известной входной мощности P_{input} в передающую антенну. Передающая антенна не должна непосредственно облучать рабочий объем или приемную антенну. Полоса сканируемых частот должна находиться в диапазоне передающей антенны с линейной поляризацией. **Необходимо соблюдать осторожность для того, чтобы область измерений была выше уровня шумов измерительного устройства.**
- f. Произведите регистрацию выходной мощности сигнал-генератора радиочастот в дБм (P_{input}).
- g. Произведите полный поворот устройства настройки так, чтобы анализатор спектра или приемник помех зафиксировал пиковую мощность, полученную из приемной антенны в выбранном диапазоне частот. Произвести требуемое сканирование анализатора спектра, указанное в 21.6.3(e).
- h. Рассчитайте потери ввода в реверберационную камеру, используя формулу:

$$IL = (P_{input} - L_{loss}) + (10 \times \log(\eta)) - P_{rec} ,$$

где:

IL – потери ввода при загрузке в дБ на заданной частоте,

P_{input} – выходная мощность сигнал-генератора радиочастот в дБм,

L_{loss} – потери в линии передающей антенны в дБ,

η – коэффициент полезного действия передающей антенны. Этот коэффициент можно принять равным 0,75 для логопериодической антенны, и 0,9 для рупорной антенны,

P_{rec} – мощность приема в дБм.

Примечание: При измерении потерь ввода и излучаемых радиочастотных помех должны использоваться одни и те же приемные антенны и линии передачи приемной антенны.

21.6.3 Испытания по определению излучаемых радиочастотных помех

При испытаниях в реверберационной камере измеряется мощность, излучаемая испытуемым оборудованием. Полная мощность радиочастотных помех, излучаемая испытуемым оборудованием, рассчитывается сложением потерь ввода в камеру (в дБ) и измеренной мощности помех, излучаемой испытуемым оборудованием, на всех частотах, на которых производятся измерения.

Подайте питание на испытуемое оборудование и проверьте его работу. Необходимо подать питание на все необходимое вспомогательное оборудование и дать возможность его стабилизации. Оборудование и проводка должны удовлетворять требованиям, указанным в разделе 20.3.а. (5). Оборудование и связанная с ним проводка должны находиться внутри рабочего объема, указанного на рис. 20-13.

- a. Выберите рабочие режимы испытуемого оборудования с максимальными излучаемыми помехами.
- b. Отсоедините линию передачи передающей антенны от сигнал-генератора, находящегося вне экранированного помещения и подключите к этой линии передачи нагрузку с сопротивлением 50 Ом так, как показано на рис. 21-13.
- c. Приемная антенна должна удовлетворять требованиям, указанным в 21.6.2.(b)
- d. Используйте анализатор спектра или приемник помех для контроля приемной антенны в диапазоне, указанном в параграфе 21.3.а, табл. 1.
- e. Включите анализатор спектра или пиковый детектор приемника помех, используя режим запоминания пиковых значений индикатора.
- f. Выберите время развертки анализатора спектра или приемника помех в соответствии с 21.3, табл. 1. Умножьте время развертки анализатора спектра или приемника помех на 200 для того, чтобы получить минимальное время одного поворота устройства настройки.
- g. Произведите полный поворот устройства настройки так, чтобы анализатор спектра или приемник помех зафиксировал пиковую мощность, полученную из приемной антенны в выбранном диапазоне частот. Для одного поворота устройства настройки требуется произвести не менее 200 сканирований.
- h. Рассчитайте мощность радиочастотных помех, излучаемых испытуемым оборудованием, используя следующую формулу:

$$P_t = \frac{10^{(P_{rec} + IL)/10}}{1000},$$

где:

P_t – полная мощность в ваттах, излучаемая испытуемым оборудованием на заданной частоте,

P_{rec} – максимальная мощность в дБм, полученная от приемной антенны,

IL – потери ввода в дБ, рассчитанные в 21.6.2(h)

- i. Рассчитайте напряженность электрического поля E:

$$E = \sqrt{\frac{D \times P_t \times 377}{4 \times \pi}},$$

где:

E – напряженность поля в вольтах на метр

P_t – максимальная мощность в ваттах из 21.6.3(h)

D – 1,64, эквивалентная направленность испытываемого оборудования

Примечание: Предполагается, что направленность испытываемого оборудования эквивалентна направленности полуволновой вибраторной антенны.

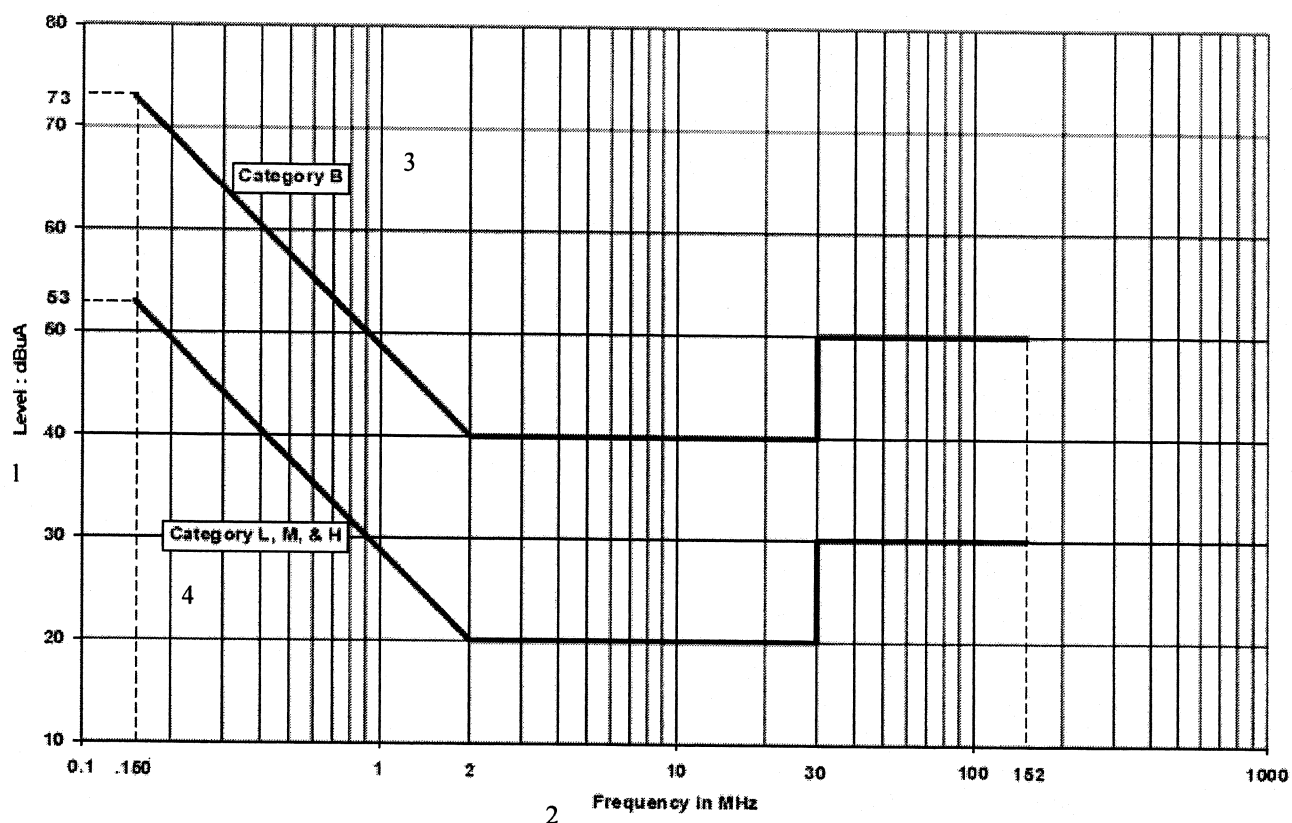
- j. Рассчитайте излучения электрического поля (dbuV/m)

$$\text{dBuV/m} = (20\log(E)) + 120,$$

где:

E = напряженность поля в вольтах на метр из 21.6.3(i).

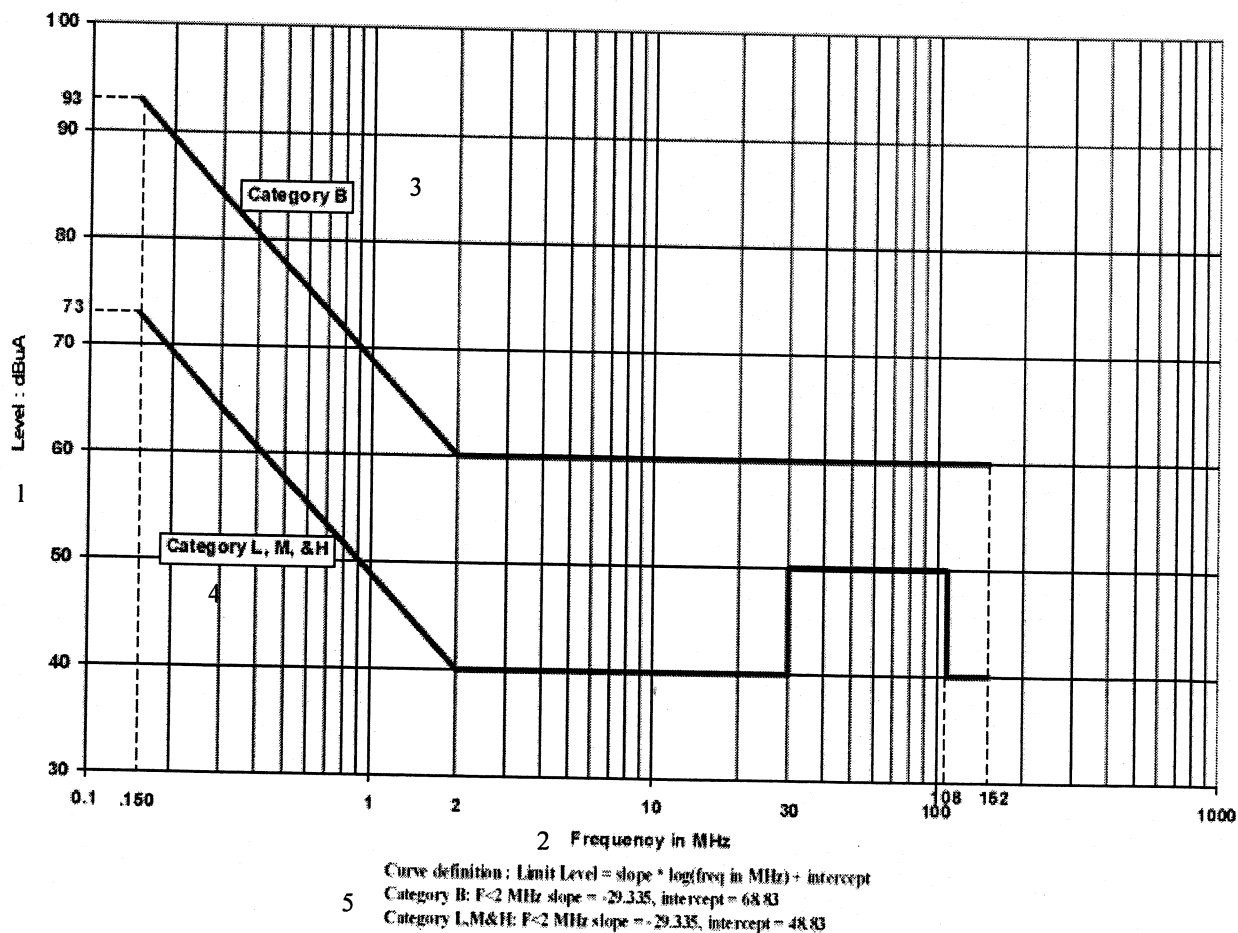
- k. Измерьте и зарегистрируйте излучения электрического поля испытываемого оборудования с использованием соответствующих предельных значений, указанных на рис. 21-7, 21-8, 21-9 и 21-10 для выбранной категории.
- l. Измерьте фоновое радиочастотное излучение (испытываемое оборудование "Выкл", испытательное оборудование "Вкл"), если излучение испытываемого оборудования превышает величину, которая на 3 дБ ниже предельного значения для выбранной категории. Стала обычной инженерной практикой проверка фонового излучения перед испытаниями на излучение помех; при этом желательно, чтобы фоновое излучение было, по крайней мере, на 6 дБ ниже предельного уровня излучения для выбранной категории.



Curve definition : Limit Level = slope * log(freq in MHz) + intercept
 Category B: F<2 MHz slope = -29.335, intercept = 48.83
 Category L, M, & H: F<2 MHz slope = -29.335, intercept = 28.83

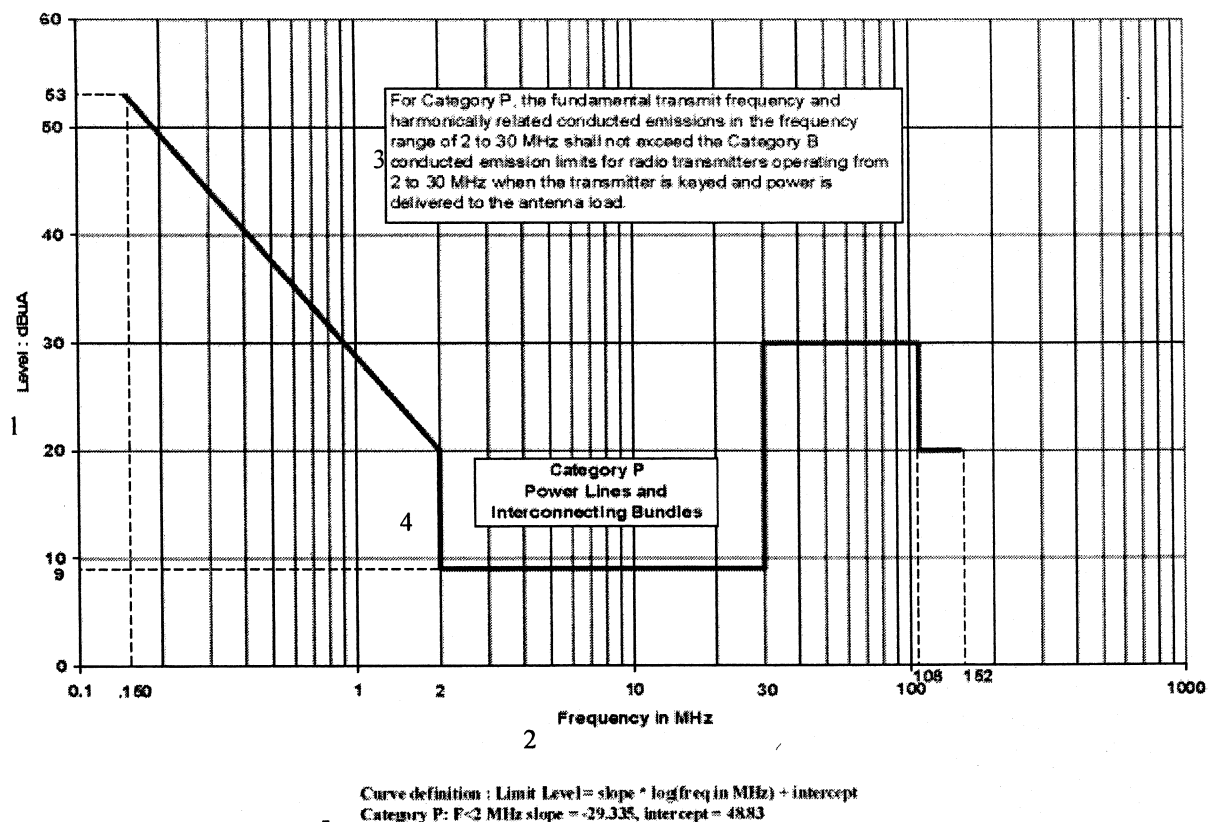
- 1 – Уровень в дБмКА
- 2 – Частота в МГц
- 3 – Категория В
- 4 – Категории L, M, и Н
- 5 – Определение кривой: Предельный уровень = наклон * log(частота в МГц) + пересечение
 Категория В: F<2 МГц, наклон = -29,335, пересечение = 48,83
 Категории L, M, и Н: F<2 МГц, наклон = -29,335, пересечение = 28,83

Рисунок 21-1 Максимальный уровень кондуктивных радиочастотных помех
в линиях электропитания



- 1 – Уровень в дБмКА
- 2 – Частота в МГц
- 3 – Категория В
- 4 – Категории L, M, и Н
- 5 – Определение кривой: Предельный уровень = наклон * $\log(\text{частота в МГц})$ + пересечение
 Категория В: $F < 2$ МГц, наклон = -29,335, пересечение = 68,83
 Категории L, M, и Н: $F < 2$ МГц, наклон = -29,335, пересечение = 48,83

Рисунок 21-2 Максимальный уровень кондуктивных радиочастотных помех в соединительных кабелях



1 – Уровень в дБмкА

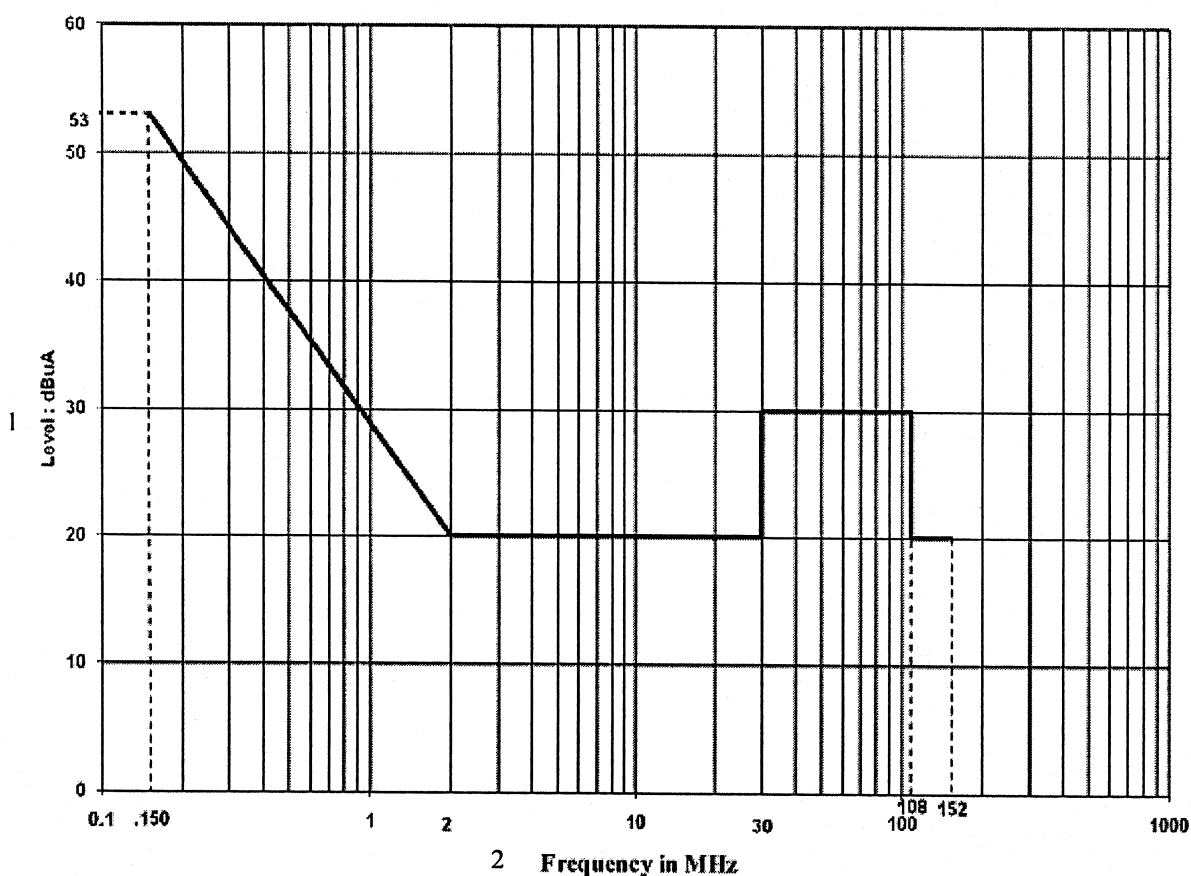
2 – Частота в МГц

3 – Для категории Р кондуктивные помехи на основной частоте передачи и ее гармониках в диапазоне от 2 до 30 МГц не должны превосходить предельные значения кондуктивных помех категории В для радиопередатчиков, работающих в диапазоне от 2 до 30 МГц, когда производится манипуляция передатчика, и мощность поступает в нагрузку антенны.

4 – Категория Р, линии электропитания и соединительные кабели

5 – Определение кривой: Предельный уровень = наклон × log(частота в МГц) + пересечение
Категория Р: F < 2 МГц, наклон = -29,335, пересечение = 48,83

Рисунок 21-3 Максимальный уровень кондуктивных радиочастотных помех в соединительных кабелях и линиях электропитания категории Р

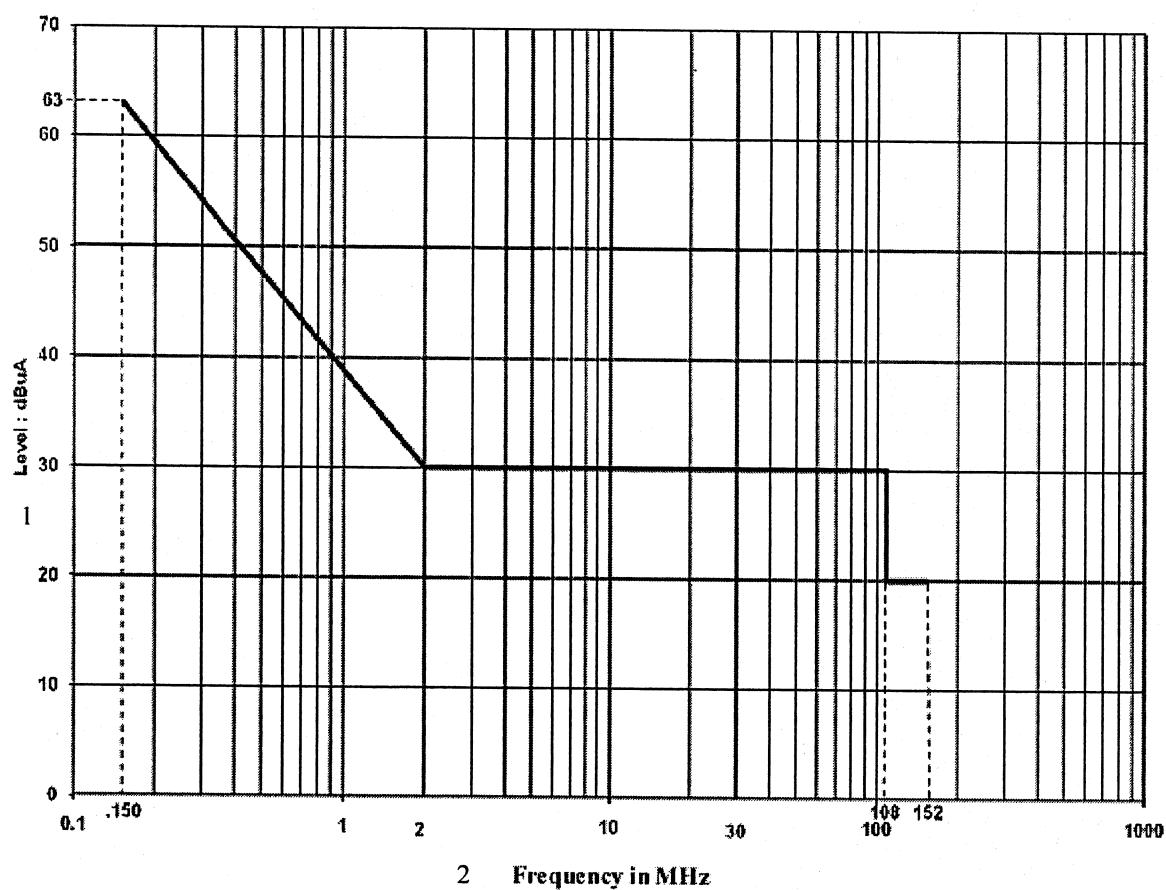


1 – Уровень в дБмкА

2 – Частота в МГц

3 – Определение кривой: Предельный уровень = наклон × log(частота в МГц) + пересечение
Категория Q: F < 2 МГц, наклон = -29,335, пересечение = 28,83

**Рисунок 21-4 Максимальный уровень кондуктивных радиочастотных помех
в линиях электропитания категории Q**



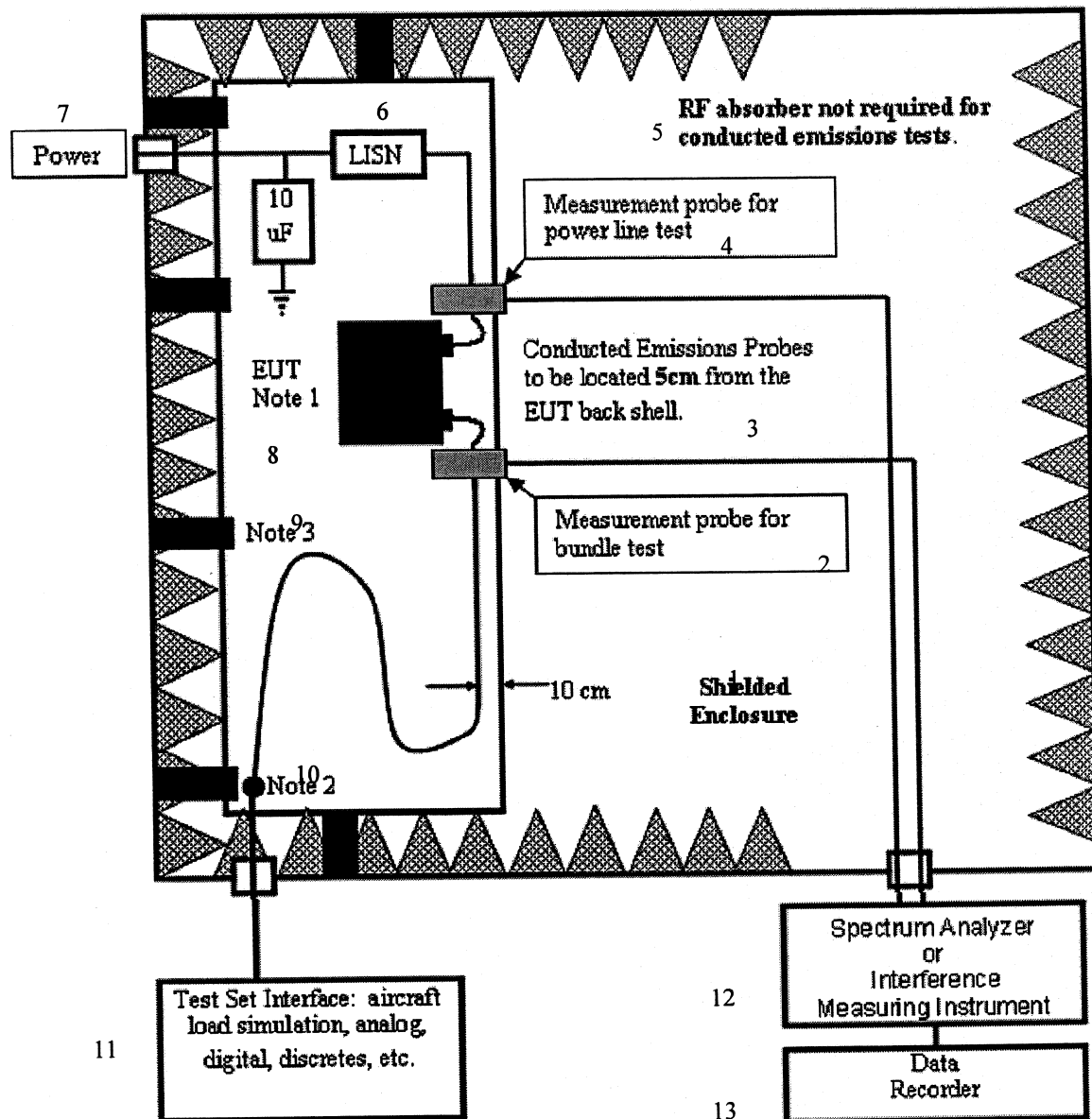
Curve definition : Limit Level = slope * log(freq in MHz) + intercept
 3 Category Q: F < 2 MHz slope = -29.335, intercept = 38.83

1 – Уровень в дБмКА

2 – Частота в МГц

3 – Определение кривой: Предельный уровень = наклон × log(частота в МГц) + пересечение
 Категория Q: F < 2 МГц, наклон = -29,335, пересечение = 38,83

Рисунок 21-5 Максимальный уровень кондуктивных радиочастотных помех
 в жгутах соединительных кабелей категории Q



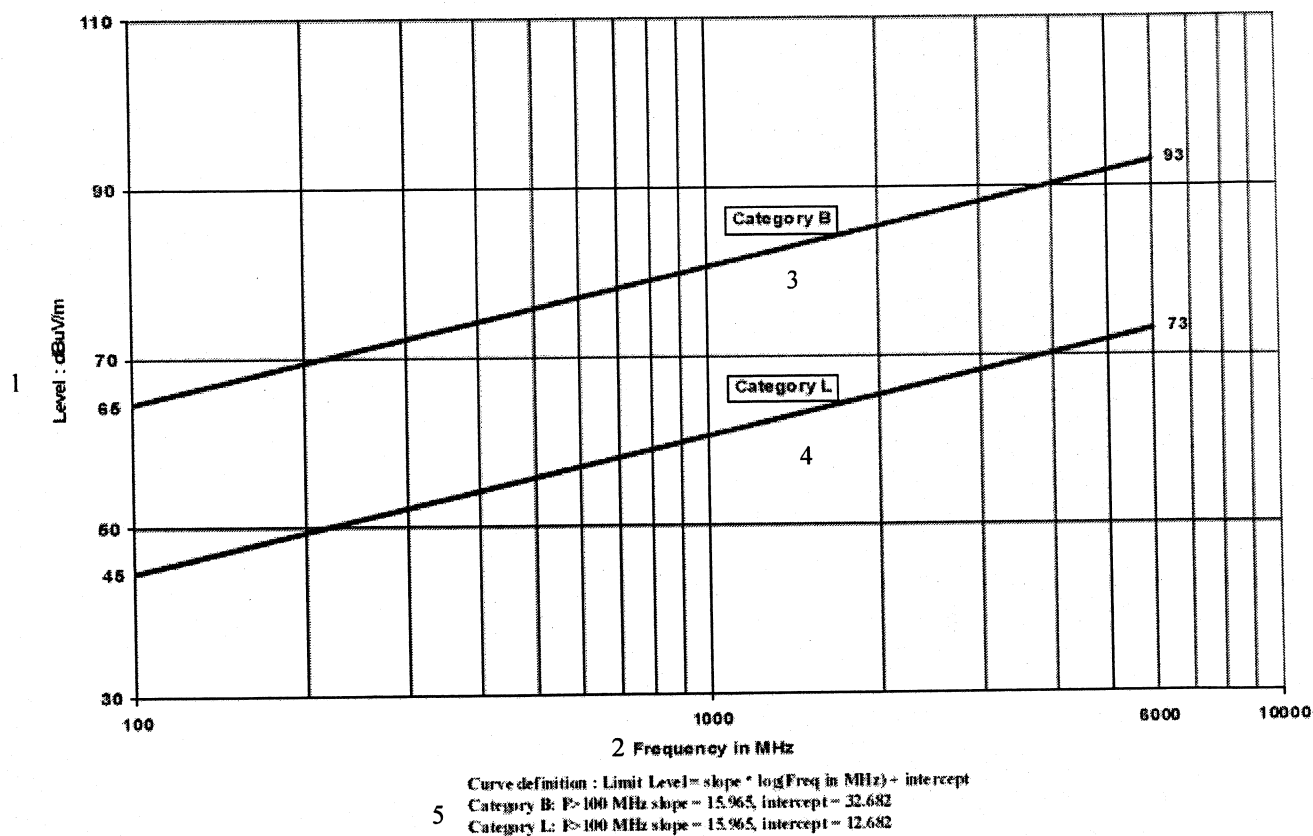
- 1 – Экранированная камера
- 2 – Измерительный пробник для кабеля
- 3 – Пробники кондуктивных помех должны располагаться в 5 см от тыльной части кожуха испытуемого оборудования
- 4 – Измерительный пробник для линии электропитания
- 5 – Поглотитель радиочастотных излучений не требуется для испытаний на кондуктивные радио-частотные помехи
- 6 – Эквивалент сети
- 7 – Электропитание
- 8 – Испытуемое оборудование должно располагаться в 10 см от края заземленного экрана (Примечание 1)
- 9 – Примечание 3
- 10 – Примечание 2
- 11 – Интерфейс испытательной установки: имитатор самолетной нагрузки, аналоговые, цифровые, дискретные сигналы, и т.д...
- 12 – Анализатор спектра или прибор для измерения помех
- 13 – Регистратор данных

Примечание 1: Общие требования к испытуемому оборудованию представлены в разделе 20.3.

Примечание 2: Конечная точка испытуемого кабеля. Отсюда до стенки может использоваться неэкранированный кабель.

Примечание 3: Лента металлизации.

Рисунок 21-6 Типовая установка для испытания на кондуктивные радиочастотные помехи



1 – Уровень в дБмкВ/м

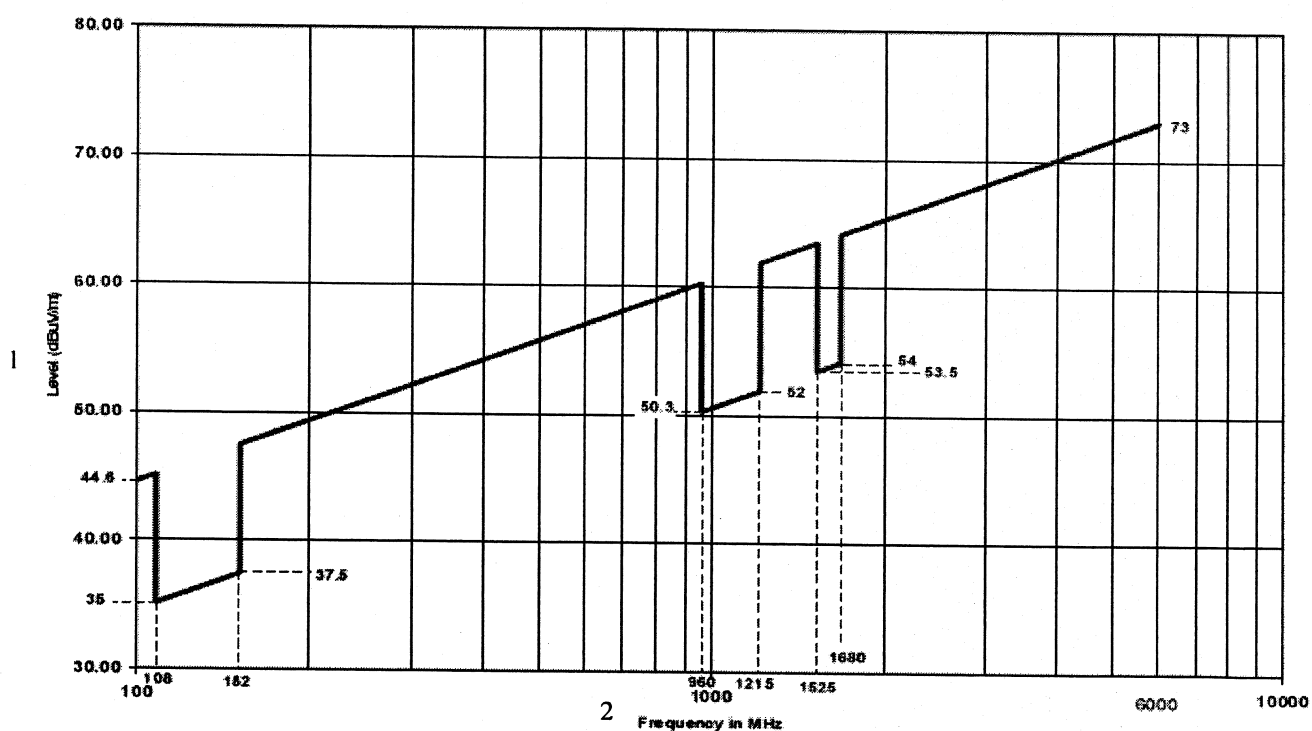
2 – Частота в МГц

3 – Категория В

4 – Категория L

5 – Определение кривой: Предельный уровень = наклон × log(частота в МГц) + пересечение
 Категория В: F > 100 МГц, наклон = 15,965, пересечение = 32,682
 Категория L: F > 100 МГц, наклон = 15,965, пересечение = 12,682

Рисунок 21-7 Максимальный уровень излучаемых радиочастотных помех –
 Категории В и L



3 Curve definition outside of notches: Limit Level = slope * log(freq in MHz) + intercept
 Category M: F>100 MHz slope = 15.965, intercept = 12.682

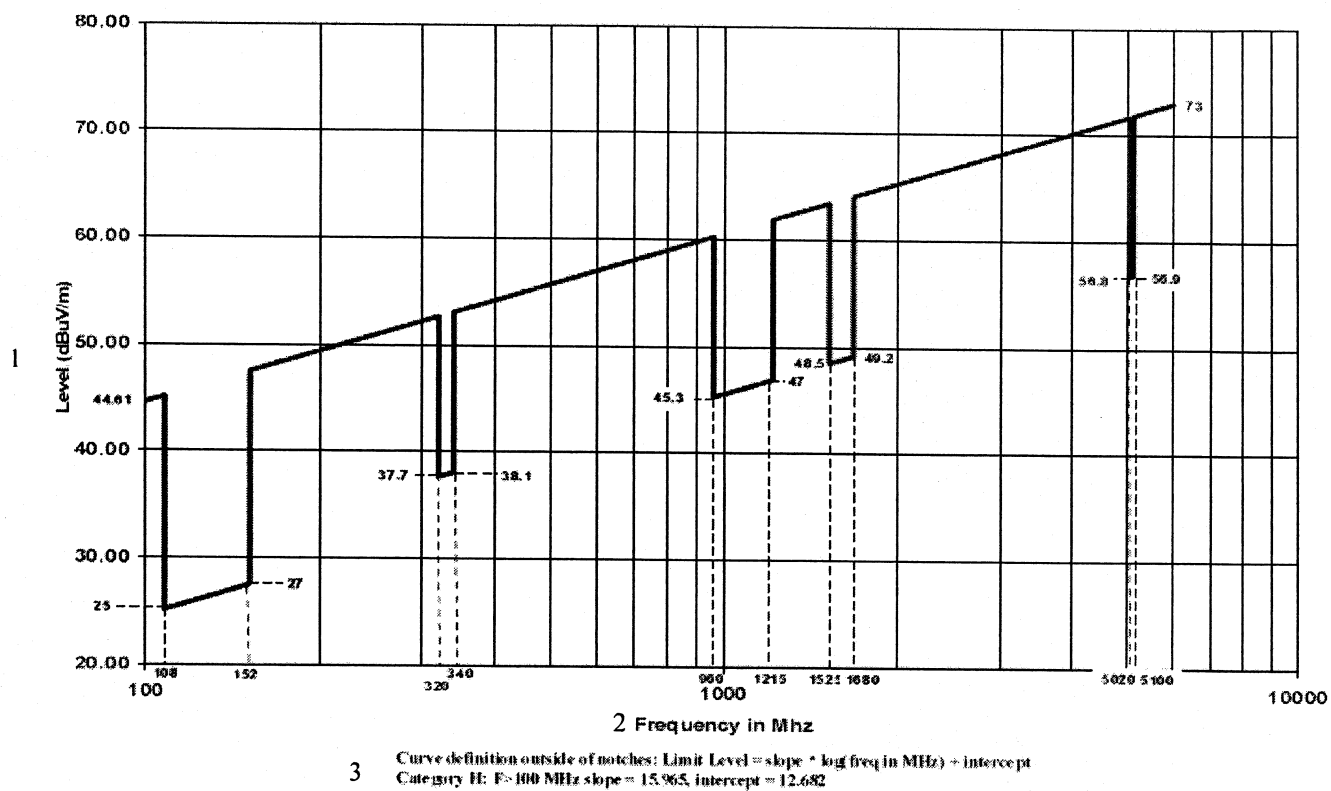
1 – Уровень в дБмкВ/м

2 – Частота в МГц

3 – Определение кривой за пределами вырезов: Предельный уровень = наклон × log(частота в МГц) + пересечение

Категория М: F>100 МГц, наклон = 15,965, пересечение = 12,682

Рисунок 21-8 Максимальный уровень излучаемых радиочастотных помех – Категория М



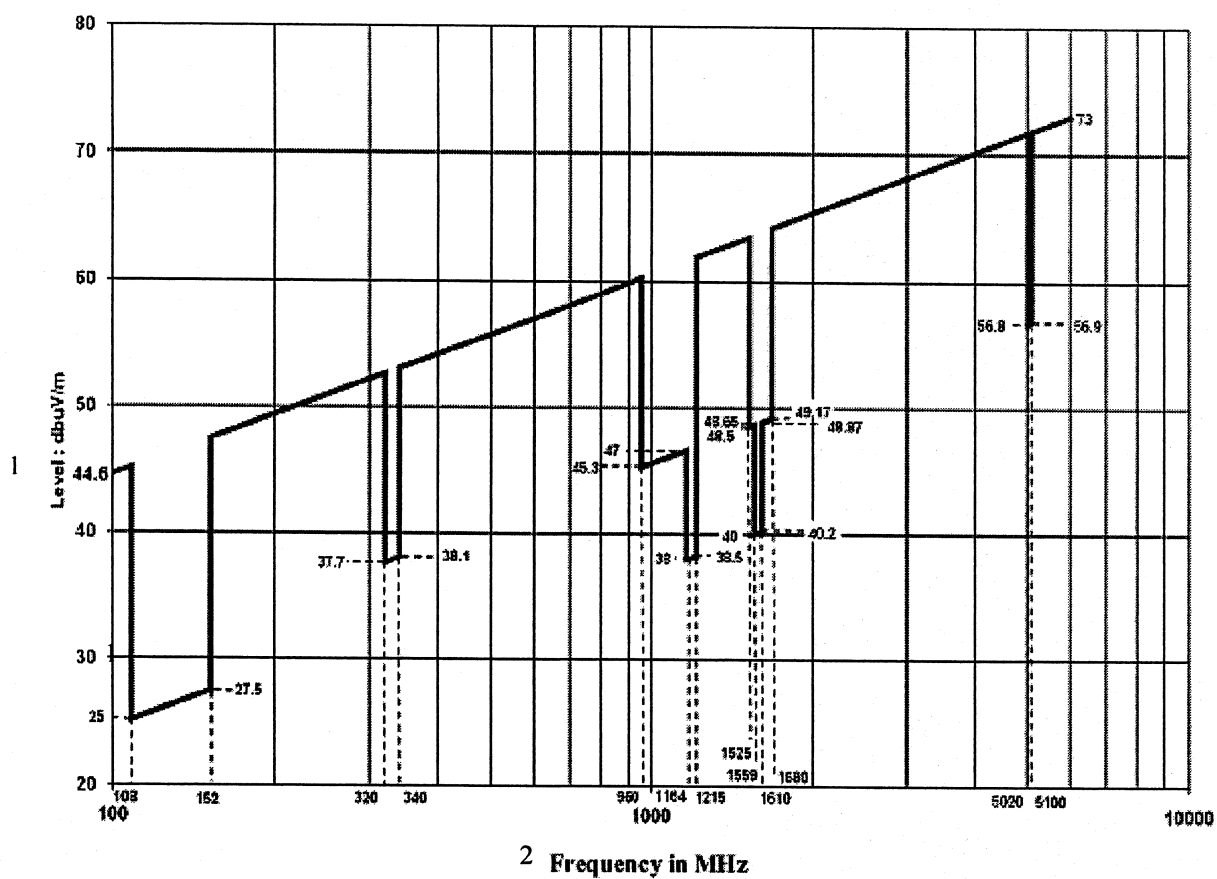
1 – Уровень в дБмкВ/м

2 – Частота в МГц

3 – Определение кривой за пределами вырезов: Предельный уровень = наклон × log(частота в МГц) + пересечение

Категория Н: F > 100 МГц, наклон = 15,965, пересечение = 12,682

Рисунок 21-9 Максимальный уровень излучаемых радиочастотных помех – Категория Н



- 3 Curve definition: Limit Level = slope * log(freq in MHz) + intercept
 Category P & Q: F > 100 MHz slope = 15.965, intercept = 12.682

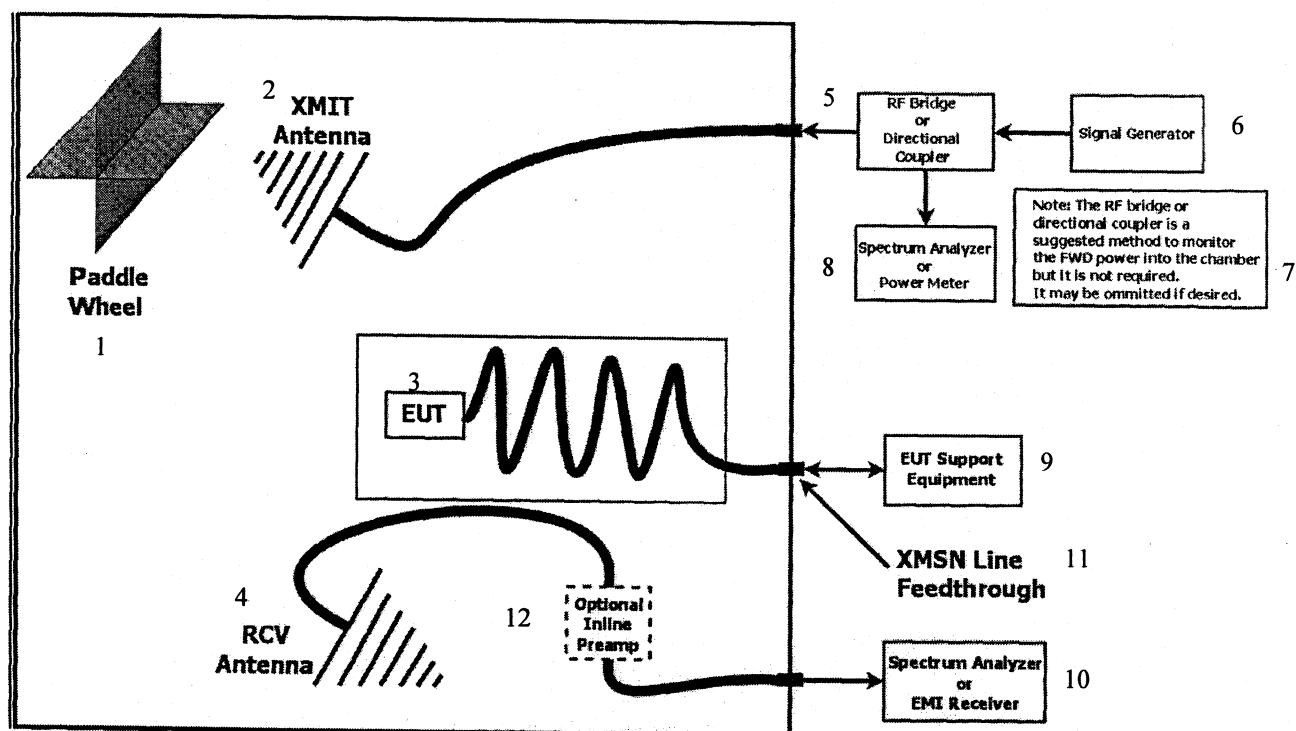
1 – Уровень в дБмкВ/м

2 – Частота в МГц

3 – Определение кривой за пределами вырезов: Предельный уровень = наклон × log(частота в МГц) + пересечение

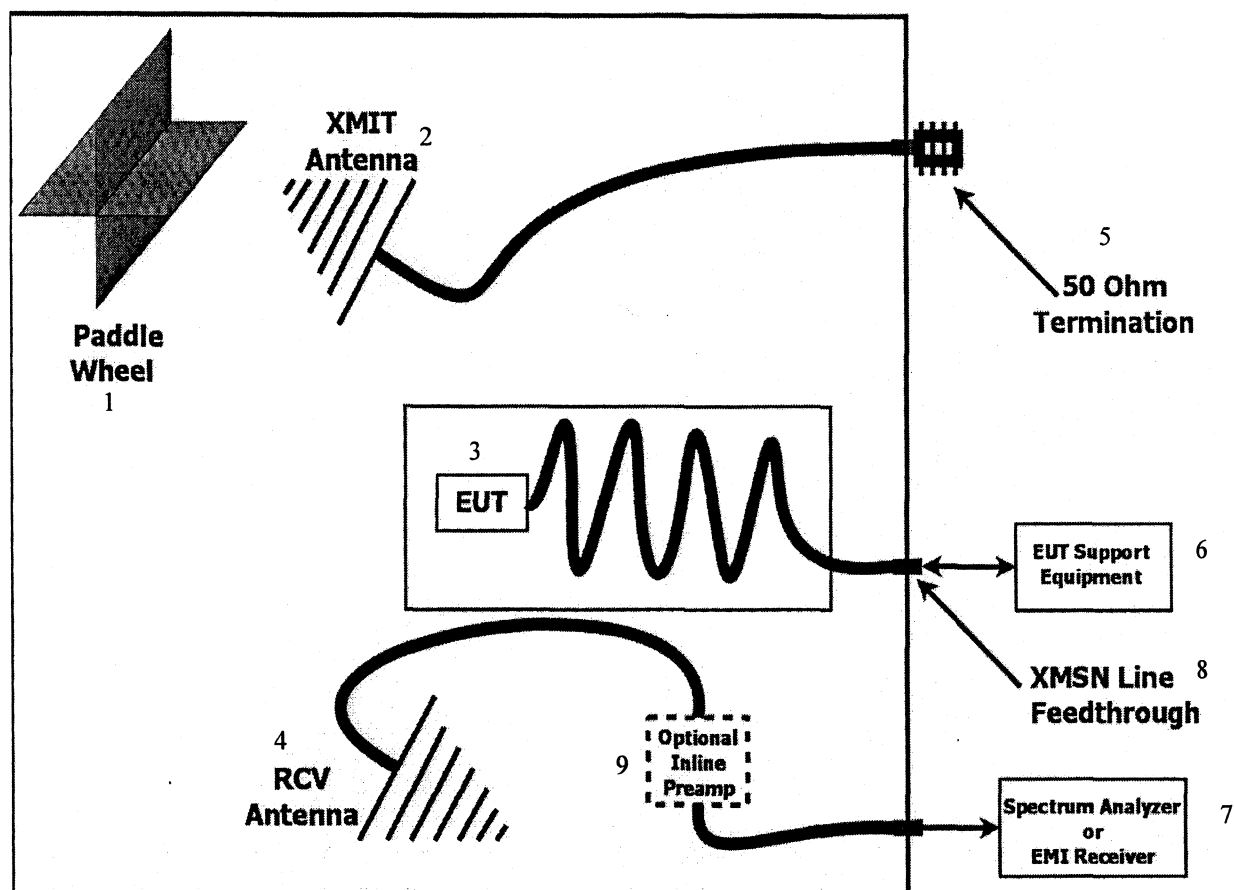
Категория Р и Q: F > 100 МГц, наклон = 15,965, пересечение = 12,682

Рисунок 21-10 Максимальный уровень излучаемых радиочастотных помех
 Категории Р и Q



- 1 – Колесо управления
- 2 – Передающая антенна
- 3 – Испытуемое оборудование
- 4 – Приемная антенна
- 5 – Радиочастотный мост или направленный ответвитель
- 6 – Сигнал-генератор
- 7 – Примечание: Применение радиочастотного моста или направленного ответвителя является рекомендуемым, но не обязательным методом контроля мощности, вводимой в камеру. При желании его можно не применять.
- 8 – Анализатор спектра или измеритель мощности
- 9 – Устройства, обеспечивающие работу испытуемого оборудования.
- 10 – Анализатор спектра или приемник электромагнитных помех
- 11 – Ввод линии XMSN
- 12 – Опция – линейный предварительный усилитель

Рисунок 21-12 Установка для измерения потерь ввода излучения в реверберационную камеру



- 1 – Колесо управления
- 2 – Передающая антенна
- 3 – Испытуемое оборудование
- 4 – Приемная антенна
- 5 – Оконечная нагрузка 50 Ом
- 6 – Устройства, обеспечивающие работу испытуемого оборудования.
- 7 – Анализатор спектра или приемник электромагнитных помех
- 8 – Ввод линии XMSN
- 9 – Опция – линейный предварительный усилитель

Рисунок 21-13 Установка для испытания на излучаемые помехи в реверберационной камере

КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

КТ-160G/14G

УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ БОРТОВОГО АВИАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Раздел 22

ВОСПРИИМЧИВОСТЬ К ПЕРЕХОДНЫМ ПРОЦЕССАМ, ВЫЗВАННЫМ МОЛНИЕЙ

КТ-160G/14G

Заменяет: КТ-160D

Дата выпуска: 2015г.

Подготовлен: РГ-ВВФ

Издан: НИИАО

22.0 Восприимчивость к переходным процессам, вызванным молнией

22.1 Цель испытаний

Предлагаемые методы и процедуры испытаний предназначены для проверки способности оборудования выдерживать воздействие выбранных переходных процессов, приведенных в настоящем разделе, которые отражать наводки, индуцируемые молнией. Формы кривой, уровни воздействий и критерии оценки характеристик оборудования во время испытаний должны быть указаны в технической документации на оборудование.

Для квалификации оборудования могут применяться две группы испытаний. Первая группа испытаний оборудования на устойчивость к повреждениям выполняется методом контактного ввода, рассмотренным в параграфе 22.5.1. Вторая группа испытаний, рассмотренная в параграфе 22.5.2, оценивает стойкость к нарушению функций оборудования при переходных процессах, воздействующих на жгуты соединительных кабелей (испытания кабельными вводами). Испытания кабельными вводами включают испытания на единичный разряд, многократные разряды и на многократные вспышки. Испытания кабельными вводами можно также использовать для проверки устойчивости к повреждениям.

Примечание: Данные испытания, возможно, не охватывают все аспекты взаимодействия и воздействий молнии на оборудование. Для сертификации конкретной установки, в зависимости от выполняемых функций, могут потребоваться дополнительные испытания оборудования в составе системы. Для оборудования, установленного на наружной поверхности самолета, могут потребоваться испытания на прямые воздействия молнии, представленные в разделе 23.0 данного документа.

22.2 Определения

Кабельный жгут: Группа проводов и/или кабелей, связанных или проложенных рядом, которые соединяют какую-либо часть оборудования с одной или несколькими частями оборудования, входящими в испытываемую систему.

Калибровочный контур: Одновитковый проволочный контур с низкой самоиндуктивностью и малым сопротивлением, пропущенный через инжекционный трансформатор с образованием изолированной вторичной обмотки. Его импеданс должен быть достаточно низким для обеспечения испытательного уровня и испытательной формы кривой.

Жила: Отдельный провод внутри экрана. Наводимые в отдельном проводе напряжения/токи ослабляются при наличии экрана (т.е. на величину передаточного полного сопротивления экрана) относительно уровней напряжения/тока возбужденного контура.

Генератор: Комплект оборудования (синтезатор формы кривой, усилители, соединители и т.д.), который подает сигнал напряжения или тока через прямое или опосредованное соединение в испытываемое оборудование (EUT).

Местное заземление: Любая заземляющая шина или проводник длиной менее 1 м, который подсоединен к оборудованию и к той части конструкции воздушного судна, на которой это оборудование установлено. Поэтому заземляющая шина или проводник соединяется с тем же заземленным экраном, к которому крепится оборудование, и при ударе молнии имеет тот же потенциал, что и оборудование.

Контрольно-измерительный контур: Замкнутый контур с единичным витком провода, проходящим через инжекционный трансформатор с образованием изолированной вторичной

обмотки. Он используется для контроля напряжения, индуцируемого в кабельном жгуте или калибровочном контуре.

Подача (ввод) многократных вспышек: Множество неустановившихся импульсов, представляющих индуцированные воздействия последовательности многократных внешних вспышек молнии на бортовую проводку. Многократная вспышка включает индуцированный переходный процесс, соответствующий каждому импульсу тока во внешней среде. Каждый индуцированный переходный процесс – это реакция на внешние воздействия. Подаются три группы по двадцать переходных процессов (импульсов) при подаче многократных вспышек.

Подача (ввод) многократных ударов: Множество неустановившихся импульсов, представляющих индуцированные воздействия ударов молнии на бортовую проводку. Многократный удар включает индуцированный переходный процесс, соответствующий каждому удару во внешней среде. При подаче многократных ударов должны происходить четырнадцать переходных процессов. Первый индуцированный переходный процесс – это реакция на первый возвратный удар во внешней среде, а последующие тринадцать переходных процессов – это реакция на следующие многократные возвратные удары при внешнем воздействии молнии.

Экран: В настоящем разделе экраном считается проводник, который заземляется на корпус оборудования или корпус самолета с обоих концов и прокладывается параллельно кабельному жгуту, соединяясь с ним. Обычно это проволоочная оплетка, наложенная на несколько проводов или кабелей в кабельном жгуте. Экраном может быть металлический кабелепровод, канал или провод, которые заземлены с обоих концов в кабельном жгуте. Назначение экрана – обеспечение низкоомного канала связи между оборудованием, соединенным с помощью экрана.

Экранированный кабельный жгут: Кабельный жгут, имеющий один или более экранов. Такие кабельные жгуты могут включать несколько неэкранированных проводов.

Реакция на единичный удар: Репрезентативная реакция проводки на наиболее жесткую внешнюю составляющую удара молнии в летательный аппарат.

Передаточный импеданс: Отношение напряжения в разомкнутой цепи жилы к току в экране.

Неэкранированный кабельный жгут: Кабельный жгут, не имеющий экранов.

22.3 Категории

Разработчик оборудования должен испытывать оборудование с обеспечением испытательных уровней и форм импульсов, согласующихся с его предполагаемым использованием и установкой на борту летательного аппарата.

Обозначение категории оборудования должно состоять из шести знаков:

- a. Буква (А или В), обозначающая множество импульсов для испытания контактным вводом, указанных в таблице 22-1.1, или Z или X.
- b. Цифра (от 1 до 5), обозначающая уровень испытания контактным вводом, указанный в таблице 22-2, или Z или X.
- c. Буква (с С по К), обозначающая одиночный импульс и множество импульсов для испытания кабельным вводом, указанных в таблице 22-1.2, или Z или X.
- d. Цифра (от 1 до 5), обозначающая уровень испытания кабельным вводом на единичный и многократный удар, указанный в таблице 22-3 и таблице 22-4, или Z или X.
- e. Буква (L или M), обозначающая форму импульсов для испытания кабельным вводом на многократную вспышку, указанную в таблице 22-1.2 или Z или X.
- f. Цифра (от 1 до 5), обозначающая уровень испытания кабельным вводом на многократную вспышку, указанный в таблице 22-5, или Z или X.

Обозначение категории, поэтому, может иметь следующий вид:

В	З	G	4	L	З
множество импульсов для испытания контактным вводом;	уровень испытания контактным вводом;	Множество импульсов для испытания кабельным вводом: единичный и многократный удар	уровень испытания кабельным вводом на единичный и многократный удар;	множество вспышек для испытания кабельным вводом	уровень испытания кабельным вводом на многократную вспышку.

В приведенном выше примере категория В3G4L3 обозначает оборудование для испытания контактным вводом с использованием набора импульсов В (таблица 22-1.1), уровня 3 (таблица 22-2) и для испытания кабельным вводом при единичном и многократном ударах с набором импульсов G, включая испытания на единичный удар молнии при уровне 4, указанные в таблице 22.3, испытания на многократный удар при уровне 4, указанные в таблице 22-4, и испытания на многократную вспышку с формой кривой L при уровне 3, указанные в таблице 22-5. В другом примере В3XXXX обозначало бы испытание контактным вводом оборудования с набором импульсов В при уровне 3, как указано в таблице 22-2. Когда никакие испытания не проводятся, обозначение категории – XXXXXX. Как показано в предыдущем примере, уровни при испытаниях между контактами и корпусом отличаются от уровней при испытаниях кабельным вводом.

На рисунках с 22-1 по 22.8 указаны отдельные формы импульсов, связанные с наборами, начиная с А по L.

Использование буквы Z в позициях обозначения наборов импульсов показывает, что, либо набор импульсов, либо испытательная конфигурация (т.е. экранирование, заземление) отличались от тех, что указаны в таблице 22-1.1 или в таблице 22-1.2. Аналогичным образом, буква Z в позиции уровня испытания показывает, что примененные уровни испытаний отличались от тех, что указаны в таблицах с 22-2 по 22-5. Например, AZZ3Z3 обозначает, что испытания контактным вводом были проведены на уровне (уровнях), отличном от тех, что был(и) заданы, а испытания на единичный удар, многократный удар и многократную вспышку молнии были проведены с использованием альтернативного набора импульсов или альтернативной конфигурации при уровне 3. Конкретные условия и уровни испытаний должны быть указаны в протоколе испытаний.

22.3.1 Обозначения набора импульсов (первый, третий и пятый знаки)

Наборы импульсов А, С, Е, G и J применяются в отношении оборудования, соединенного с проводкой, проложенной в корпусе летательного аппарата или его секциях, где основными источниками индуктированных переходных процессов являются отверстия, а не сопротивление конструкции, как это имеет место в цельнометаллическом фюзеляже.

По той же причине эти наборы импульсов можно также применять к оборудованию, расположенному в отсеках летательного аппарата, которые состоят из металлического каркаса и композитных панелей обшивки, и к оборудованию, установленному в фюзеляже из композитных материалов на основе углеродных волокон, основные поверхности которых защищены металлической сеткой или фольгой.

Наборы импульсов В, D, F, H и K применяются в отношении оборудования, соединенного с проводкой, проложенной в корпусе летательного аппарата или любой его секции, где сопротивление конструкции является также существенным источником индуктированных переходных процессов (т.е. в конструкциях из композитных материалов на основе углеродных волокон). В этих случаях электропроводка подвергается воздействию мощных электромагнитных полей и перераспределенных токов молнии, представленному формой импульса 5А.

Наборы импульсов Е, F, J, K при испытаниях кабельным вводом применяются в отношении оборудования, присоединенного экранированными кабелями во всех жгутах кабелей. Исключение делается для оборудования, соединенного экранированными кабелями во всех жгутах кабелей за исключением неэкранированных силовых проводов; при этом наборы Е, F, J, K еще распространяются на все жгуты кабелей.

Наборы импульсов С, D, G, H при испытаниях кабельным вводом применяются в отношении оборудования, присоединенного неэкранированными кабелями во всех жгутах кабелей.

A и B - для испытаний контактным вводом.

C – F - для испытаний кабельным вводом на единичный удар.

G – K - для испытаний кабельным вводом на единичный удар и многократный удар.

L – M - для испытаний кабельным вводом на многократную вспышку.

Z обозначает испытания, отличные от тех, которые указаны в таблице 22-1.1, или 22-1.2 например, испытания при использовании набора импульсов С, D, G или H с экранированными кабелями. Например, оборудование с экранированными и неэкранированными жгутами кабелей, в которых наборы импульсов E, F, J, K распространяются на экранированные жгуты кабелей, а наборы С, D, G, H – на неэкранированные жгуты кабелей с отмеченным исключением неэкранированных силовых проводов. Другие примеры распространения обозначения набора импульсов Z приведены в параграфе 22.5.1 и параграфе 22.5.2.

22.3.2 Обозначения испытательного уровня (второй, четвертый и пятый знаки)

Ниже приведены описания испытательных уровней для среды внутри летательного аппарата, при этом указаны конкретные уровни для каждого испытательного импульса, перечисленного в таблицах с 22-2 по 22-5. Уровни с 1 по 5 допускают гибкость в защите оборудования. Настоящие описания даются только для общего руководства. Испытательный уровень определяется предполагаемым воздействием в месте расположения соединительной проводки и оборудования.

Уровень 1 предназначен для оборудования и соединительной проводки, которые установлены в хорошо защищенной среде.

Уровень 2 предназначен для оборудования и соединительной проводки, которые установлены в частично защищенной среде.

Уровень 3 предназначен для оборудования и соединительной проводки, которые установлены в среде с умеренной степенью защищенности.

Уровни 4 и 5 предназначены для оборудования и соединительной проводки, которые установлены в среде с жестким электромагнитным воздействием.

Z обозначает испытания, проводимые при уровнях напряжения и/или тока, которые отличаются от уровней, указанных в таблицах с 22-2 по 22-5.

22.4 Общие требования к испытаниям

а) **Испытываемое оборудование** – Испытываемое оборудование (ИО) должно быть установлено на заземляющей плоскости, имея конфигурацию в соответствии со следующими требованиями, если индивидуальная техническая документация оборудования не содержит других требований.

(1) Заземляющая плоскость. Следует использовать пластину из меди, латуни или алюминия толщиной, по крайней мере, 0,25 мм для меди и алюминия, 0,5 мм для латуни, площадью 2,5 м² или более при минимальной ширине 0,75 м. Когда применяется экранированный кожух, плоскость заземления следует соединить с экранированным кожухом в точках с интервалом не более одного метра и на обоих концах плоскости. Рекомендуются, чтобы сопротивление заземления по постоянному току составляло не более 2,5 миллиом.

(2) Амортизаторы ударов и вибрации. Испытываемое оборудование должно крепиться к монтажным основаниям с амортизаторами ударов и вибрации, если это требование задано разработчиком оборудования. Шины металлизации, поставляемые совместно с монтажными основаниями, должны быть соединены с плоскостью заземления. Когда

монтажные основания не имеют шин металлизации, их не следует использовать в испытательной установке.

- (3) Металлизация. Для металлизации следует использовать только средства, указанные в описании испытываемого оборудования или в инструкции по его установке (например, металлизация кожуха, монтажного основания и заземляющей плоскости). Металлизация оборудования, разъемов и жгутов проводов должна отражать особенности монтажа на летательном аппарате и соответствовать требованиям разработчиков оборудования к минимальным характеристикам оборудования. Оборудование, которое должно быть заземлено с помощью средств, отличающихся от средств металлизации, предусмотренных инструкцией по установке, следует размещать на изолирующей подставке. В протоколе испытаний должны быть дано описание примененных методов металлизации.

- (4) Наружная клемма заземления. Когда для соединения с землей на испытываемом оборудовании предусмотрена наружная клемма, то эту клемму следует соединить с плоскостью заземления для гарантии условий безопасной работы во время испытания, если для данных испытаний другие рекомендации отсутствуют. Должно использоваться соединение длиной, указанной в инструкции по установке; если она не задана, следует использовать провод или перемычку длиной приблизительно 30 см. Эти провода заземления не должны создавать канал прохождения тока, параллельный испытываемому жгуту кабелей, если в методике испытаний отсутствуют другие рекомендации. Если провода заземления имеются в испытываемом устройстве, то во время испытаний вводом в заземление данные соединения с землей либо следует связать с шасси испытываемого оборудования, либо ввод сигнала должен производиться на удаленном конце.

- (5) Жгуты соединительных проводов/кабелей. Для испытаний кабельным вводом вся соединительная проводка (например, экранированные провода, многожильные скрученные провода и т.д.), кабельные жгуты и радиочастотные линии передачи должны соответствовать применяемым контрольным чертежам и схемам установки и сопряжения. Кабели должны быть собраны в жгуты таким же образом, как и в бортовой проводке ВС, при этом нижняя точка жгута кабелей должна находиться на высоте около 50 мм над плоскостью заземления, если не указывается, что для монтажа на летательном аппарате репрезентативной является увеличенная высота (которая отражается в отчете по испытаниям). Материал детали, поддерживающей жгут, не должен обладать свойствами поглощения, проводимости и отражения. В сложных конфигурациях кабельных жгутов, все кабельные жгуты и присоединенные нагрузки должны быть удалены друг от друга как можно дальше для сведения к минимуму эффектов взаимосвязи между кабелями.

Если нет других указаний, кабельный жгут должен иметь длину, по крайней мере, 3,3 м. Когда длина соединительного жгута кабелей превышает длину испытательного стенда, участок кабельного жгута с избыточной длиной следует расположить зигзагом сзади испытательного стенда на высоте приблизительно 50 мм над плоскостью заземления.

В некоторых специальных установках могут потребоваться кабельные жгуты очень большой длины, которые нельзя расположить на испытательном стенде, поэтому рекомендуемая максимальная длина жгутов соединительных кабелей для этих испытаний не должна превышать 15 м. Исключением для данного ограничения является случай, когда конкретная длина кабельных жгутов подбирается или задается для согласования фаз или по аналогичным причинам.

- (6) Силовые провода. При испытаниях кабельным вводом силовые и обратные провода, обычно связанные в жгут с проводами управления и передачи сигналов, должны оставаться в кабельном жгуте и отделяться от него только перед выходом кабельного

жгута из зоны проведения испытания. Эти провода должны затем соединяться со стабилизатором сети (LISN) в соответствии с пп.22.4b (2).

Когда фактическая конфигурация кабельных жгутов на борту ВС неизвестна или когда силовые и/или обратные провода проложены, как обычно, отдельно от управляющих или сигнальных проводов, силовые и обратные провода должны выделяться из кабельного жгута около разъема испытываемого оборудования и подводиться к стабилизаторам сети отдельно. В данных условиях длина проводов до стабилизаторов сети не должна превышать 1 м, если в соответствующей технической документации оборудования нет других указаний.

Когда обратный провод является местным заземлением (длиной менее 1 метра), этот провод можно заземлять напрямую на испытательный стенд в соответствии с действующими контрольными чертежами или схемами установки и интерфейса.

- (7) Согласующие нагрузки и вспомогательное оборудование. Испытания кабельным вводом, как правило, должны проводиться с полностью функционирующим оборудованием. Испытываемое оборудование должно быть надлежащим образом нагружено с помощью реального согласующего оборудования.

Когда нужно имитировать согласующее оборудование, имитируемые электрические, электронные и/или электромеханические характеристики нагрузок должны соответствовать бортовой установке. Во избежание изменений распределений напряжения и тока в кабельных жгутах электрические/электронные нагрузки должны имитировать импедансы реальных нагрузок «линия-линия» и «линия-земля» (включая паразитную емкость) в условиях воздействия молнии.

Следует принять меры, чтобы любая испытательная конфигурация, имитируемая нагрузка или контрольная аппаратура не меняли ни восприимчивость ни защищенность испытываемого оборудования. Для вспомогательного оборудования может потребоваться защита от воздействия вводимых переходных процессов во избежание нарушения или повреждения.

- (8) Эквиваленты антенн или нагрузок. При данном испытании антенные кабели могут иметь нагрузку, равную характеристическому импедансу кабеля, или могут быть нагружены эквивалентом антенны. Эквивалент антенны, в случае его использования, должен быть экранирован и должен иметь электрические характеристики, близко совпадающие с характеристиками реальной антенны. Он также должен содержать электрические компоненты, обычно используемые в антенне, такие как фильтры, полупроводниковые диоды, сельсины и электродвигатели.

- b) Испытательное оборудование. Оно должно быть установлено в конфигурации, соответствующей следующим требованиям:

- (1) Металлизация Испытательное оборудование должно быть соединено и заземлено так, чтобы свести к минимуму паразитные контуры с замыканием через землю и гарантировать безопасность техническому персоналу. Когда в кабельные жгуты нужно подавать токи высокого уровня, следует принять меры для гарантии безопасного прохождения этих токов от экранов на стенку экранированного кожуха или обеспечения адекватной металлизации и экранирования вне экранированного кожуха для минимизации риска для персонала.

- (2) Стабилизатор сети. В каждую первичную цепь входного питания и линию возврата тока следует включать стабилизатор сети (LISN). Линиям возврата тока питания, локально заземленным в бортовой установке, стабилизатор сети не требуется. Корпус стабилизатора сети следует соединить с плоскостью заземления. Когда используются

стабилизаторы сети с собственной частотой резонанса выше 10 кГц (например, стандартные стабилизаторы сети на 5 мкГц), для проведения всех испытаний на каждой клемме входного питания стабилизатора сети следует установить конденсаторы в соответствии с рисунком 22-17 или рисунком 22-19. При всех испытаниях радиочастотный измерительный вывод стабилизатора сети должна иметь нагрузку 50 Ом. Характеристика входного импеданса стабилизатора сети приведена на рисунке 22.9.

- (3) Измерительные зонды и инжекционные трансформаторы. Зонды должны иметь необходимую мощность, ширину полосы частот и динамический диапазон для воспроизведения испытательного импульса (импульсов). В испытаниях с импульсом формы 3 следует использовать зонды для измерения тока с электростатическим экранированием.
- с) Данные, обязательно приводимые в протоколе испытаний – Протокол испытаний должен содержать следующие сведения об испытательной установке и полученных данных:
 - (1) Конфигурация (конфигурации) кабелей. Длина каждого кабельного жгута, типы проводов, экранирование и оконечные нагрузки экрана (включая отдельные и общие экраны), схема прокладки испытательного жгута.
 - (2) Испытательные установки. Структурные схемы или фотографии каждой испытательной установки, отражающие расположение кабельных жгутов, размещение инжекционного и измерительного зондов и способы металлизации испытываемого оборудования.
 - (3) Режим (режимы) работы испытываемого оборудования. Режим (режимы) работы, применяемый во время испытаний кабельным вводом.
 - (4) Нагрузка (нагрузки). Описание всех нагрузок, или фактических или имитируемых. Для имитируемых нагрузок должен указываться уровень имитации импеданса на участках «линия-линия» и «линия-корпус (земля)».
 - (5) Формы и уровни испытательных импульсов. Калибровочные/ проверочные осциллограммы каждого испытательного импульса.
 - (6) Вводимые переходные процессы. Для каждой формы и полярности импульса, прикладываемого к точке ввода, регистрируется один пример формы кривой напряжения и тока.
 - (7) Критерии «стойко/не стойко». Описание критериев «стойко/не стойко».
 - (8) Результаты испытания. Результаты испытания и все случаи несоответствия критерию «стойко/не стойко».

22.5 Методика испытаний

Испытания контактным вводом проводятся, главным образом, для оценки повреждений и состоят в подаче импульсов непосредственно в схемы интерфейсов испытываемого оборудования.

В ходе испытаний кабельных жгутов определяется, произойдет ли нарушение в работе функционирующего оборудования или повреждение компонентов, когда оборудование и его соединительная проводка подвергаются воздействию вводимых переходных процессов. Данные методы и процедуры испытаний применимы в отношении конфигураций, включающих испытываемое оборудование, соединительный кабельный жгут (жгуты) и нагрузку (нагрузки). Для испытываемого оборудования, включенного в сложные системы, где различные кабельные жгуты подвергаются самым разным внешним воздействиям, могут потребоваться различные

испытательные уровни для разных кабельных жгутов, так что требуется обозначение категории Z (см. параграф 22.3).

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ:

Генераторы импульсов переходных процессов, используемые в данных испытаниях, создают уровни напряжения и тока, опасные для жизни. Во избежание травм или летальных последствий для технического персонала следует соблюдать все меры безопасности.

22.5.1 Испытания контактным вводом

Испытание контактным вводом – это способ испытаний, при котором импульс (импульсы) выбранной формы подается непосредственно на выбранные контакты соединителя испытываемого оборудования, обычно между каждым контактом и заземленным корпусом. Такой способ применяется для оценки электрической прочности изоляции и устойчивости к повреждениям схем сопряжения оборудования.

- a) Для оборудования может применяться испытание контактным вводом, однако также может использоваться метод испытания электрической прочности изоляции (hi-pot), если испытываемый образец оборудования представляет собой простое электрическое или электромеханическое устройство, изолированное от корпуса и не соединенное с землей. Испытанию Hi-pot не должны подвергаться устройства, содержащие электронные компоненты. Испытательный уровень при проверке электрической прочности должен быть равен, как минимум, уровню амплитуды импульса в Табл. 22-2. Когда на испытываемых контактах, соединенных, например, с линией питания или другим источником, имеется напряжение смещения, то это напряжение должно быть добавлено к пиковому испытательному напряжению, указанному в Табл. 22-2. При этом удовлетворяются требования испытания контактным вводом, однако испытание должно быть отнесено к категории Z. В отчете по испытаниям должна быть произведена идентификация простого устройства и приведено описание испытания.
- b) К испытываемому оборудованию следует подавать питание, за исключением случаев, когда испытываемое оборудование имеет только пассивные компоненты (например, электромеханические устройства, датчики температуры, гидравлические клапаны и т.д.), а наличие рабочих напряжений и связанных с ними токов не является фактором, способствующим повреждению компонентов.
- c) При испытании блока с включенным питанием следует использовать надлежащее средство для гарантии того, что генератор импульсов не будет создавать чрезмерную нагрузку на линии питания или сигнальные линии. Кроме того, при испытании входных линий питания с включенным питанием блока, возможно, будет необходимо своего рода блокирующее устройство для гарантии того, что вводимые переходные процессы коснутся только межблочных связей оборудования, а не электропитания или любой другой нагрузки.
- d) При испытаниях контактным вводом импульсы 3 должны подаваться с частотой 1,0 МГц ($\pm 20\%$). Не допускается подавать напряжение обеих полярностей импульса 3, имея настройку на одну полярность. Должно прикладываться напряжение первого полупериода с положительной полярностью, затем переходят к первому полупериоду с отрицательной полярностью.
- (e) Чтобы уменьшить возможные трудности, испытания контактов, на которые подается входное электропитание, можно проводить по методике испытания индуктированием сигнала в кабель, используя соответствующие формы импульсов и уровни, задаваемые для испытаний контактным вводом, (калибровка в соответствии с рисунком 22-11, испытание в соответствии

с рисунком 22-14). При такой методике с проводов первичного электропитания, проходящих испытания, должны быть удалены все экраны.

- (f) Группы (четыре или более) цепей (контактов) испытываемого оборудования со схемой одинаковой как для защиты, так и для работы можно оценить, подвергнув испытанию три типичных (репрезентативных) контакта из каждой группы. Оставшиеся в группе контакты оцениваются по принципу подобия.
 - g) Одновременно можно испытывать множество контактов, если амплитуда и форма приложенного испытательного напряжения остаются в допустимых пределах амплитуды и формы калибровочного напряжения холостого хода. Это применимо только в отношении входа/выхода, который имеет высокий импеданс даже в условиях воздействия молнии (и во время испытаний).
 - h) Когда в требованиях к размещению оборудования указаны характеристики импульса с учетом удаленной нагрузки (в том числе характеристики электрической прочности диэлектрика), эту нагрузку можно включить последовательно с генератором и испытываемым оборудованием, при условии что в такой нагрузке не используется защитное устройство, которое отключало бы нагрузку. Эта удаленная нагрузка не должна использоваться при калибровке генератора. С учетом влияния характеристического импеданса кабелей максимальный импеданс включенной последовательно нагрузки должен быть ограничен 75 Ом во время испытаний с импульсами формы 3, тем самым в результате максимальный исходный импеданс будет равен 100 Ом. Когда удаленная нагрузка включается в испытательную цепь, в обозначении категории следует использовать знак Z. В бланке квалификационных (типовых) испытаний и в протоколе испытаний следует указать метод испытаний, импеданс удаленной нагрузки и прочность диэлектрика.
 - i) Когда в реальном размещении сигнальная земля соединена с конструкцией вне оборудования, она должна быть также соединена с землей во время лабораторных испытаний. (рисунок 22-13).
- Примечание 4. Внимание: В некоторых конструкциях для защиты нескольких интерфейсов можно использовать одно защитное устройство. В таких конструкциях при испытании единичного контакта не учитываются переходные процессы, появляющиеся на нескольких интерфейсах в одно и то же время. Возможно, потребуется оценка номинальных значений параметров защитного устройства и/или метода испытаний.

22.5.1.1 Процедуры – Калибровка генератора

Калибровочная установка должна быть такой, как показано на рисунке 22-10. Для испытаний контактным вводом с включенным питанием во избежание образования токов короткого замыкания испытываемого оборудования из-за низких импедансов генератора на выходе испытательного генератора следует установить элемент ограничения тока. Этот элемент ограничения тока нужно включать в состав калибровочной установки, как показано на рисунке 22-10.

При испытании силовых контактов с включенным внешним питанием применяется калибровочная установка, показанная на рисунке 22-11 или 22-12. В этих установках должно быть предусмотрено средство шунтирования импедансов источника питания для гарантии того, что в точке калибровки можно получить импульс с требуемыми параметрами. Эта обходная цепь также служит для защиты источника питания. Следует отметить, что питание не следует подавать при выполнении указанной ниже калибровочной процедуры.

- a. Настроить генератор импульсов так, чтобы в калибровочной точке, как показано на рисунке 22-10, рисунке 22-11 или рисунке 22-12, достигались соответствующие параметры импульсов

напряжения холостого хода (V_{oc}), указанные на рисунках с 22.4 по 22-6, и уровень, приведенный в таблице 22-2.

- b. Зарегистрировать параметры и уровень импульса V_{oc} , полярность импульса, и настройку генератора для того, чтобы обеспечить повторное проведение испытаний.
- c. При той же настройке генератора измерить ток короткого замыкания (I_{sc}) так как показано на Рис.22-10, Рис. 22-11, или Рис. 22-12. Убедиться в том, что уровень I_{sc} , указанный в Табл.22-2 с установленными допусками, достигнут и что общая форма импульса сохраняется.
- d. Зарегистрировать параметры импульса I_{sc} , уровень и полярность импульса.

22.5.1.2 Процедуры – последовательность испытаний

- a) Как показано на рисунке 22.13 или для контактов электропитания на рисунке 22.14 или рисунке 22.15, соединить калибровочную точку с выбранным контактом испытываемого оборудования с помощью короткого провода, имеющего малую индуктивность.
- b) Если применимо, подать питание на испытываемое оборудование.
- c) При начальной установке параметров генератора, заданной выше в п.22.5.1.1, подать на выбранный контакт десять отдельных импульсов. Контролировать форму каждого поданного импульса, чтобы выявить признаки непредвиденных изменений формы импульса. Максимальный промежуток времени между подачей импульсов должен составлять 1 минуту.
- d) Повторить этап c) для каждого выбранного контакта в каждом разъеме испытываемого оборудования.
- e) Поменять полярность генератора импульсов; повторить калибровку генератора и повторить этапы с a по d.
- f) Повторить калибровку генератора и выполнить последовательность испытаний для каждой формы испытательного импульса.
- g) ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЯЮЩИМСЯ НА НИХ НТД.

22.5.2 Испытания методом кабельного ввода

При данных методах испытаний импульсы переходного процесса подаются в кабель за счет взаимоиндукции или вводятся в провод заземления. Эти методы используются для проверки того, что бортовое оборудование может выдерживать внутренние электромагнитные воздействия, создаваемые внешними условиями, вызванными молнией, без нарушения функций или повреждения компонентов. При любом методе испытание должно проводиться с полностью укомплектованным и функционирующим оборудованием, снабженным жгутами соединительных кабелей и нагрузками, присоединенными к интерфейсам. Данное требование к испытанию удовлетворяется при подаче импульсов заданной формы и соблюдении ограничений на жгут (жгуты) соединительных кабелей по отдельности или одновременно.

- a. Все провода в жгуте, выходящем из одного соединителя, должны испытываться совместно для того, чтобы обозначением конкретной категории или набора импульсов была буква Z. Единственным исключением являются линии питания. Если линия питания проложена отдельно от жгута, то она должна испытываться отдельно. В этом случае ток в жиле провода не должен превосходить соответствующий уровень тока короткого

замыкания при испытании контактным вводом, как показано в Табл.22-2. "Соответствующий уровень тока короткого замыкания при испытании контактным вводом" должен быть таким же, как испытательный уровень жгута кабелей. Для импульсов 1 и 2 использовать значение тока короткого замыкания импульса 4/1. Пример: для категории A2J3L3 ток короткого замыкания в жиле провода импульса 1 равен 60 А (не 25 А). Если жгуты разделены в зависимости от прокладки проводов и испытываются на соответствие различным уровням, то присваивается обозначение Z.

- b. При испытаниях на многократный удар и многократную вспышку эффект случайного разброса достигается путем разнесения по времени отдельных импульсов и вспышек для представления их в виде множеств переходных процессов (рисунок 22-7 и рисунок 22-8).
- c. Обычно испытания методом кабельного ввода проводится со всеми экранами, имеющимися в кабельном жгуте и соединенными так, как они соединены на самолете. Если используется метод испытаний со снятыми экранами, то набор импульсов для кабельного ввода должен относиться к категории Z. Обозначение уровня испытаний должно отражать фактический уровень, используемый при вводе импульса в жилу.
- d. Испытание кабельного жгута на единичный удар можно сочетать с испытанием на многократный удар. В этом случае испытательный уровень первого импульса, подаваемого при испытании на многократный удар, заменяется испытательным уровнем, указанным в таблице 22.3 для испытания на единичный удар.
- e. При испытаниях методом кабельного ввода импульс 3 подается на частотах 1,0 МГц ($\pm 20\%$) и 10 МГц ($\pm 20\%$). Не допускается подавать напряжение обеих полярностей импульса 3, имея настройку на одну полярность. Должно прикладываться напряжение первого полупериода с положительной полярностью, затем переходят к первому полупериоду с отрицательной полярностью.
- f. Импульс 1 может подаваться при использовании как метода испытаний, указанного как в параграфе 22.5.2.1 (Испытания сигналом, индуктированным в кабель), так и в параграфе 22.5.2 (Испытания вводом сигнала в провод заземления).
- g. При любой форме импульса символом V_T обозначен уровень испытательного напряжения в вольтах, а символом I_T - уровень испытательного тока в амперах. Символами V_L (вольты) и I_L (амперы) обозначены предельные значения, которые предназначены для предупреждения чрезмерных воздействий на испытываемое оборудование. Когда предельный уровень достигается ранее испытательного уровня, используются следующие критерии:
- h. Импульсы 2, 3 и 4 заданы в виде напряжений. Если уровень испытательного напряжения V_T представлен в виде импульсов 2, 3 и 4, то эти импульсы в идеальном случае должны действовать на жгут кабелей, но они должны быть сформированы во время проверки характеристик генератора и измерены так, как показано на рис. 22-16 или 22-18. Если импульс с заданным испытательным напряжением был получен во время испытаний, и его параметры укладываются в допуски, показанные на рис. 22-2, 22-3 и 22-4, то проверки характеристик генератора не требуется. Пиковый уровень напряжения должен измеряться на жгуте кабелей так, как показано на рис. 22-17 или 22-19. При контроле предельного тока I_L импульсов 2, 3 и 4 с испытательным напряжением V_T импульсы тока должны иметь следующие характеристики:

(1) При испытаниях импульсом напряжения 2:

Если предельный испытательный ток достигается раньше, чем уровень испытательного напряжения, и генератор сформировал импульс 1 во время проверки характеристик, то

результаты испытания считаются приемлемыми. Такое соотношение между импульсами 1 и 2 является ожидаемым. Если генератор не мог сформировать соответствующий импульс 1 во время проверки, то требуется испытание импульсом тока 1. В этом случае набор импульсов имеет обозначение Z.

(2) При испытаниях импульсом напряжения 3:

Импульсы напряжения и тока имеют одинаковую форму, поэтому результаты являются приемлемыми, если достигнут испытательный уровень или предельный уровень.

(3) При испытаниях импульсом напряжения 4:

Если предельный испытательный ток достигается раньше, чем уровень испытательного напряжения, и генератор формировал импульс тока, у которого время нарастания (T_1) и время спада (T_2) равны или превышают соответствующие величины испытательного импульса напряжения, определенные во время проверки характеристик, то результаты испытания считаются приемлемыми. Более короткие импульсы тока не считаются приемлемыми при проверке характеристик. Если генератор не формирует во время проверки соответствующий импульс тока, то требуется проведение испытания импульсом тока 5 А. В этом случае набор импульсов имеет обозначение Z.

(4) Импульс 5А может задаваться как импульс напряжения.

Хотя импульс 5А задается как импульс тока, его форма может также использоваться и для импульса напряжения, когда методика испытаний требует удаления экранов для прямой подачи импульсов в жилу провода. Импульс 5А может считаться уровнем испытательного напряжения. Этот импульс должен быть сформирован во время проверки характеристик генератора; его измерение должно выполняться так, как показано на рис. 22-16 и рис. 22-18. Пиковый уровень напряжения должен измеряться на кабельном жгуте так, как показано на рис. 22-17 или рис. 22-19. В данном случае должен использоваться соответствующий испытательный уровень (V_T) импульса 4 таблицы 22-3, имеющего форму импульса 5А. Данная категория имеет обозначение Z.

- i. Импульсы 1, 5А, 5В и 6 считаются импульсами тока. Если уровень испытательного тока (I_T) задан в виде импульсов 1, 5А, 5В или 6, то эти импульсы в идеале должны существовать в кабельном жгуте, но они должны быть сформированы во время проверки характеристик генератора, как показано на Рис.22-16 или Рис. 22-18. Если заданные импульсы испытательного тока получены во время испытаний, и они находятся в пределах допуска, показанного на Рис.22-3 или Рис. 22-4, то проверка характеристик генератора не требуется. Пиковый уровень тока должен измеряться на кабельном жгуте так, как показано на Рис.22-17 или Рис. 22-19. При контроле предельного напряжения (V_L), связанного с уровнями импульсов испытательного тока 1, 5А, 5В или 6 (I_T) импульсы напряжения должны быть следующими:

(1) При испытаниях импульсом тока 1:

Если предельное значение напряжения достигается ранее достижения уровня испытательного тока, и генератор формирует импульс напряжения со временем нарастания (T_1) короче времени T_1 импульса 1, а во время проверки характеристик длительность (T_2) больше длительности импульса 2, то данное испытание является приемлемым. Если генератор во время проверки не может сформировать соответствующий импульс напряжения, то требуется испытание импульсом напряжения 2. В этом случае набор импульсов имеет обозначение Z.

(2) При испытаниях импульсом тока 5А или 5В:

Если предельное значение напряжения достигается ранее достижения уровня испытательного тока, и генератор формирует импульс напряжения со временем нарастания (T_1) короче времени T_1 импульса 5, но не короче длительности T_1 импульса 4, определенной во время проверки характеристик, то данное испытание является приемлемым. Если генератор во время проверки не может сформировать соответствующий импульс напряжения, то требуется испытание импульсом напряжения 4. В этом случае набор импульсов имеет обозначение Z. В некоторых случаях, зависящих от конструкции летательного аппарата и компоновки проводки, на оборудование могут действовать импульсы большей длительности по сравнению с импульсом 5В (см. Рис. 22-5). Испытания, проводимые в этих условиях должны иметь обозначение Z.

(3) При испытаниях импульсом тока 6:

Импульс 6 используется для воспроизведения требований многократных всплесков при испытаниях оборудования, имеющего низкий импеданс кабельного жгута. Этот импульс 6 в идеале должен существовать в кабельном жгуте, но он должен быть сформирован во время проверки характеристик генератора, как показано на Рис.22-6. Если заданный импульс испытательного тока, полученный во время испытаний, находится в пределах допуска, показанного на Рис.22-6, проверки характеристик генератора не требуется. Пиковый уровень тока измеряется в кабельном жгуте так, как показано на Рис. 22-17 или Рис. 22-19. Если при контроле предельного напряжения (V_L), связанного с испытательными уровнями импульса 6 (I_T), предельное напряжение достигается раньше уровня испытательного тока и отношение напряжения холостого хода генератора к току короткого замыкания составляет менее 15 ом, то результат испытания является приемлемым.

Если генератор не удовлетворяет данному критерию, то требуется проведение испытания на многократные всплески импульсом 3.

22.5.2.1 Испытания индуктированием сигнала в кабель

Процедуры, изложенные в следующих параграфах, применимы при испытаниях на единичный удар, многократный удар и многократную вспышку. Испытания индуктированием сигнала в кабель рекомендуются для форм импульсов 1, 2 и 3. Использование данного метода ввода сигнала с другими формами импульсов допустимо при условии, что в калибровочном контуре

инжекционного трансформатора можно провести процедуру калибровки формы по п.22.5.2.1.1 (b). Не требуется проводить испытания проводов локального заземления. В испытываемый жгут не следует включать провода локального заземления.

22.5.2.1.1 Процедуры. Проверка характеристик генератора

- a. Подключить генератор переходных процессов к входам первичной обмотки инжекционного трансформатора (рис. 22-16).
- b. У каждого генератора на заданном испытательном уровне зарегистрировать форму импульса напряжения при разомкнутом калибровочном контуре и форму импульса тока при замкнутом накоротко калибровочном контуре. Проверить соответствующий испытательный уровень и форму импульсов (V_T или I_T) указанных на рис. 22-1, рис. 22-2, рис. 22-3 или рис. 22-6. Формирование испытательным генератором соответствующих предельных уровней напряжения или тока и формы волны не является необходимым.

- с. Для испытаний на многократный удар и на многократную вспышку проверить также соответствующие структуры импульсов и распределение временных интервалов, указанные на рис. 22-7 и рис.22-8.

22.5.2.1.2 Процедуры. Последовательность испытаний

- a. Собрать испытываемое оборудование, вспомогательное оборудование и жгуты соединительных кабелей так, как показано на рис.22-17, поместив инжекционный трансформатор вокруг испытываемого кабельного жгута. Если используется указанный в разделе 22.5.2 вариант метода испытания с отсоединенными экранами, отсоединить экраны.
- b. Подключить зонды контроля тока и напряжения к осциллографу. Чтобы результаты испытания были однородными, зонды должны располагаться как можно ближе к позициям, указанным на рис. 22.17.
- с. Подать питание в испытываемое оборудование и включить выбранный режим (режимы) его работы. Проверить надлежащую работу системы в соответствии с технической документацией оборудования.
- d. При подаче импульсов переходных процессов повышать уровень настройки генератора, чтобы был достигнут заданный испытательный уровень (V_T или I_T) или предельный уровень (V_L или I_L). Настройка генератора и/или регулировка инжекционного трансформатора должны быть произведены так, чтобы в испытываемом кабеле было достигнуто требуемый испытательный уровень напряжения (V_T) или тока (I_T), за исключением случая, когда первым достигнуто предельный уровень тока (I_L) или напряжения (V_L). Если было произведено изменение конфигурации инжекционного трансформатора, то необходимо повторно проверить характеристики генератора. Необходимо также произвести регистрацию форм импульсов. Если V_L или I_L достигаются раньше, чем V_T или I_T , то должна быть выполнена повторная оценка результатов испытаний чтобы определить, требуется ли другая настройка генератора и/или выбор другой формы импульсов. При измерении уровней импульсов напряжения или тока кратковременные выбросы напряжения или высокочастотные помехи из-за аппаратного шума, коммутационных переходных процессов или эффектов нагрузки должны игнорироваться.
- e. Во время испытания на единичный удар при настройке генератора, выполненной на этапе "d", подвергнуть оборудование воздействию, как минимум, десяти переходных процессов, контролируя работу испытываемого оборудования. Максимальное время между переходными процессами, соответствующими единичным ударам, не должно превышать 1 минуты.
- f. Во время испытания на многократный удар при настройке генератора, выполненной на этапе "d", подвергнуть оборудование воздействию, как минимум, десяти многократных ударов, контролируя работу испытываемого оборудования. Максимальное время между переходными процессами, соответствующими каждому из многократных ударов, не должно превышать 5 минут.
- g. Во время испытания на многократную вспышку при настройке генератора, выполненной на этапе "d", подавать многократную вспышку непрерывно через каждые 3 секунды (3 секунды между началами каждой серии, состоящей из трех вспышек) в течение, как минимум, 5 минут. Испытания большей продолжительности могут быть указаны в технической документации на соответствующее оборудование.
- h. Повторить этапы, начиная с "d" по "g", для каждого проверяемого режима работы испытываемого оборудования.

- i. Переменить полярность генератора переходных процессов; повторить проверку работы генератора и повторить этапы, начиная с "с" по "h".
- j. Повторить этапы, начиная с "b" по "i" для каждого испытываемого кабеля.
- k. Повторить проверку работы генератора и выполнить этапы испытаний, начиная с "b" по "j", для каждой формы поданного импульса.
- 1. ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ДЕЙСТВУЮЩИМ НТД НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ

22.5.2.2 Испытания вводом сигналов в заземление

Процедуры, изложенные в последующих параграфах, относятся к испытаниям на единичный удар и многократные удары. Данные процедуры рекомендуются для испытаний подачей импульсов 4 и 5А. Допускается использование данных методов ввода для импульсов 1 и 2 при условии, что в точке ввода удастся выполнить процедуру калибровки формы импульса в соответствии с параграфом 22.5.2.2.1.

Внешние клеммы заземления оборудования, провода заземления шасси и обратные провода питания, которые локально соединены с плоскостью заземления в соответствии с действующими чертежами установки и интерфейсов, во время данного испытания должны быть изолированы от плоскости заземления. Кроме того, если провода питания проложены отдельно от основного жгута сигнальных проводов, возможно, возникнет необходимость включить последовательно в жгут силовых кабелей импеданс переменного тока (дополнительно к стабилизатору сети) для гарантии достижения надлежащих испытательных уровней для сигнального жгута.

Испытания импульсами напряжения дают достоверные результаты, если удастся достигнуть уровня испытательного напряжения между испытываемым оборудованием и плоскостью заземления. При испытаниях импульсами напряжения, если предельные значения тока в любом жгуте кабелей достигаются раньше испытательного уровня напряжения, то возможно одно из двух решений: (1) увеличивать выходные параметры генератора для того, чтобы достичь испытательного уровня напряжения или предельного испытательного уровня тока, не считаясь с опасностью превысить предельное значение тока в отдельном жгуте проводов, или (2) выполнять испытания каждого жгута кабелей по отдельности.

Испытания импульсами тока дают достоверные результаты, если испытательный уровень тока достигается в каждом жгуте кабелей (с учетом того, что испытательный уровень тока может быть превзойден в отдельном жгуте кабелей) и напряжение между испытываемым оборудованием и пластиной заземления достигнет предельного испытательного значения.

22.5.2.2.1 Процедуры. Проверка характеристик генератора

- a. У каждого генератора при каждом испытательном уровне зарегистрировать форму импульса напряжения в разомкнутой цепи и форму импульса тока в замкнутом калибровочном контуре, как показано на рис. 22-18. Проверить соответствующие испытательные уровни и формы импульсов (V_T или I_T), показанные на рис. 22-4 или рис. 22-5. От испытательного генератора не требуется формирование предельных уровней и форм импульсов напряжения или тока.
- b. Для проведения испытаний на многократные удары и многократные всплески проверить также используемую последовательность импульсов и временные соотношения между ними, показанные на рис. 22-7 и на рис. 22-8.

22.5.2.2.2 Процедуры. Последовательность испытания

- a. Общие требования, приведенные в п.22.4, распространяются на данную испытательную установку, однако корпус, все локальные заземления или обратные провода в точке ввода импульсов (испытываемое оборудование или нагрузка) должны быть изолированы от плоскости заземления и соединены с корпусом оборудования. Изоляция между корпусом и плоскостью заземления должна обладать способностью выдерживать максимальное приложенное испытательное напряжение.

- b. Собрать испытываемое оборудование, вспомогательное оборудование и жгуты соединительных кабелей в конфигурации, показанной на рис. 22-19, при этом генератор импульсов переходных процессов подключается между корпусом испытываемого оборудования и плоскостью заземления. Если используется описанный в разделе 22.5.2 вариант метода испытания с отсоединенными экранами, отсоединить экраны.
- c. Подключить применяемые зонды контроля тока и напряжения к осциллографу.
- d. Подать питание в испытываемое оборудование и включить надлежащий режим (режимы) его работы. Проверить правильность работы системы в соответствии с техническим описанием оборудования.
- e. При подаче импульсов переходных процессов повысить уровень настройки генератора, чтобы был достигнут заданный испытательный уровень (V_T или I_T) или предельный уровень (V_L или I_L). Настройка генератора и/или регулировка инжекционного трансформатора должны быть произведены так, чтобы в испытываемом кабеле было достигнуто требуемый испытательный уровень напряжения (V_T) или тока (I_T), за исключением случая, когда первым достигнут предельный уровень тока (I_L) или напряжения (V_L). Если было произведено изменение конфигурации инжекционного трансформатора, то необходимо повторно проверить характеристики генератора. Необходимо также произвести регистрацию форм импульсов. Если V_L или I_L достигаются раньше, чем V_T или I_T , то должна быть выполнена повторная оценка результатов испытаний чтобы определить, требуется ли другая настройка генератора и/или выбор другой формы импульсов. При измерении уровней импульсов напряжения или тока кратковременные выбросы напряжения или высокочастотные помехи из-за аппаратного шума, коммутационных переходных процессов или эффектов нагрузки должны игнорироваться.
- f. Во время испытания на единичный удар при настройке генератора, выполненной на этапе "e", подвергнуть оборудование воздействию, как минимум, десяти переходных процессов, контролируя работу испытываемого оборудования. Максимальное время между переходными процессами, соответствующими единичным ударам, не должно превышать 1 минуты.
- g. Во время испытания на многократный удар при настройке генератора, выполненной на этапе "e", подвергнуть оборудование воздействию, как минимум, десяти многократных ударов, контролируя работу испытываемого оборудования. Максимальное время между переходными процессами, соответствующими каждому из многократных ударов, не должно превышать 5 минут.
- h. Повторить этапы, начиная с "e" по "g", для каждого проверяемого режима работы испытываемого оборудования.
- i. Переменить полярность генератора переходных процессов; повторить проверку работы генератора и повторить этапы, начиная с "b" по "h".
- j. Повторить этапы, начиная с "b" по "i" для каждого заданного места ввода.
- k. Повторить проверку работы генератора и выполнить этапы испытаний, начиная с "b" по "j", для каждой формы поданного импульса.
- l. ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ДЕЙСТВУЮЩИМ НТД НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ

Табл. 22-1.1 Требования к испытаниям методом контактного ввода

Обозначение набор форм импульсов	Тип испытан	Испытательные уровни	Номера форм импульс (V_{oc}/I_{sc})
А (щелевая связь)	Контакт	<u>Таблица 22-2</u>	3/3, 4/1
В (щелевая и резистивн связь)	Контакт	<u>Таблица 22-2</u>	3/3, 5A/5A

Табл. 22-1.2 Требования к испытаниям кабельных жгутов

Обозначение набора форм импульсов	Тип испытания	Испытательные уровни	Номера форм импульсов
С (Неэкранированные жгуты, щелевая связь)	Единичный удар	<u>Таблица 22-3</u>	2, 3
Д (Неэкранированные жгуты, щелевая и резистивная связь)	Единичный удар	<u>Таблица 22-3</u>	2, 3, 4
Е (Экранированные жгуты, щелевая связь)	Единичный удар	<u>Таблица 22-3</u>	1, 3
Ф (Экранированные жгуты, щелевая и резистивная связь)	Единичный удар	Таблица 22-3	3, 5А
G (Неэкранированные жгуты, щелевая связь)	Единичный удар	<u>Таблица 22-3</u>	2, 3
	Многократный удар	<u>Таблица 22-4</u>	2, 3
Н (Неэкранированные жгуты, щелевая и резистивная связь)	Единичный удар	<u>Таблица 22-3</u>	2, 3, 4
	Многократный удар	<u>Таблица 22-4</u>	2, 3, 4
J (Экранированные жгуты, щелевая связь)	Единичный удар	<u>Таблица 22-3</u>	1, 3
	Многократный удар	<u>Таблица 22-4</u>	1, 3
К (Экранированные жгуты, щелевая и резистивная связь)	Единичный удар	<u>Таблица 22-3</u>	3, 5А
	Многократный удар	<u>Таблица 22-4</u>	3, 5А
L	Многократная вспышка	<u>Таблица 22-5</u>	3
M	Многократная вспышка	<u>Таблица 22-5</u>	6

Табл. 22-2 Испытательные уровни для контактного ввода

Уровень	Формы импульсов		
	3/3	4/1	5A/5A
	V_{OC} / I_{SC}	V_{OC} / I_{SC}	V_{OC} / I_{SC}
1	100/4	50/10	50/50
2	250/10	125/25	125/125
3	600/24	300/60	300/300
4	1500/60	750/150	750/750
5	3200/128	1600/320	1600/1600

Примечания:

1. V_{OC} = пиковое напряжение холостого хода (вольты) в точке калибровки, указанной на рис. 22.10, рис. 22.11 или рис. 22.12.
2. I_{SC} = пиковый ток короткого замыкания (амперы) в точке калибровки, указанной на рис. 22.10, рис. 22.11 или рис. 22.12.
3. Допуски амплитуды +10%, -0%.
4. Отношение напряжения V_{OC} к току I_{SC} представляет импеданс генератора, который следует использовать для калибровки генератора.
5. Формы импульсов 3, 4 и 5A указаны на рис. 22.3, рис. 22.4 или рис. 22.5.
6. В случае, если испытания контактным вводом не проводятся, должны быть представлены данные по значениям передаточных импедансов экранированных кабелей жгута.

Табл. 22-3 Испытательные и предельные уровни для испытаний кабельных жгутов на единичный удар

Уровень	Формы импульсов				
	2/1	2/1	3/3	4/1 Примечание 3	4/5А
	V_L / I_T	V_T / I_T	V_T / I_L	V_T / I_L	V_L / I_T
1	50/100	50/100	100/20	50/100	50/150
2	125/250	125/250	250/50	125/250	125/400
3	300/600	300/600	600/120	300/600	300/1000
4	750/1500	750/1500	1500/300	750/1500	750/2000
5	1600/3200	1600/3200	3200/640	1600/3200	1600/5000

Примечания:

1. Допуски амплитуды - +20%, -0%.
2. Формы импульсов 1, 2, 3, 4 и 5А указаны, соответственно, на рис. 22-1, рис. 22-2, рис. 22-3, рис. 22-4 и рис. 22-5.
3. При испытаниях напряжением с формой импульса 4 форма импульса тока зависит от импеданса кабеля.
4. При испытаниях жгутов, содержащих только экранированные провода, ограничения по напряжению (V_L) не применять.
5. При испытаниях жгутов, содержащих экранированные и неэкранированные провода, допускается напряжение (V_L) определять как напряжение относительно земли на конце неэкранированного провода из состава жгута.
6. Допускается коррекция значений испытательных уровней импульсов тока. Учитывающая число экранированных проводов в жгуте. Для этого табличные значения испытательных уровней тока (I_T) следует умножить на значение коэффициента k , соответствующее числу экранированных проводов в жгуте n , из таблицы 22-6.

Табл. 22-4 Испытательные и предельные уровни для испытаний кабельным вводом на многократный удар

Уровень		Формы импульсов				
		2/1	2/1	3/3	4/1 Примечание 3	4/5A
		V_L / I_T	V_T / I_L	V_T / I_L	V_T / I_L	V_L / I_T
1	Первый удар	50/50	50/50	100/20	25/50	20/60
	Последующий удар	25/25	25/25	50/10	12,5/25	10/30
2	Первый удар	125/125	125/125	250/50	62,5/125	50/160
	Последующий удар	62,5/62,5	62,5/62,5	125/25	31,25/62,5	25/80
3	Первый удар	300/300	300/300	600/120	150/300	120/400
	Последующий удар	150/150	150/150	300/60	75/150	60/200
4	Первый удар	750/750	750/750	1500/300	375/750	300/800
	Последующий удар	375/375	375/375	750/150	187,5/375	150/400
5	Первый удар	1600/1600	1600/1600	3200/640	800/1600	640/2000
	Последующий удар	800/800	800/800	1600/320	400/800	320/1000

Примечания:

1. Допуск амплитуды для первого удара - +20%, -0%. Допуск амплитуды для последующего удара - +50%, -0%.
2. Формы импульсов 1,2,3,4 и 5A указаны, соответственно, на рис. 22-1, рис. 22-2, рис. 22-3, рис. 22-4 и рис. 22-5.
3. Многократный удар указан на рис. 22-7.
4. При испытаниях напряжением с формой импульса 4 форма импульса тока зависит от импеданса кабеля.
5. См. примечания 4,5,6 к таблице 22-3

абл. 22-5 Испытательные уровни для испытаний кабельным вводом на многократную вспышку

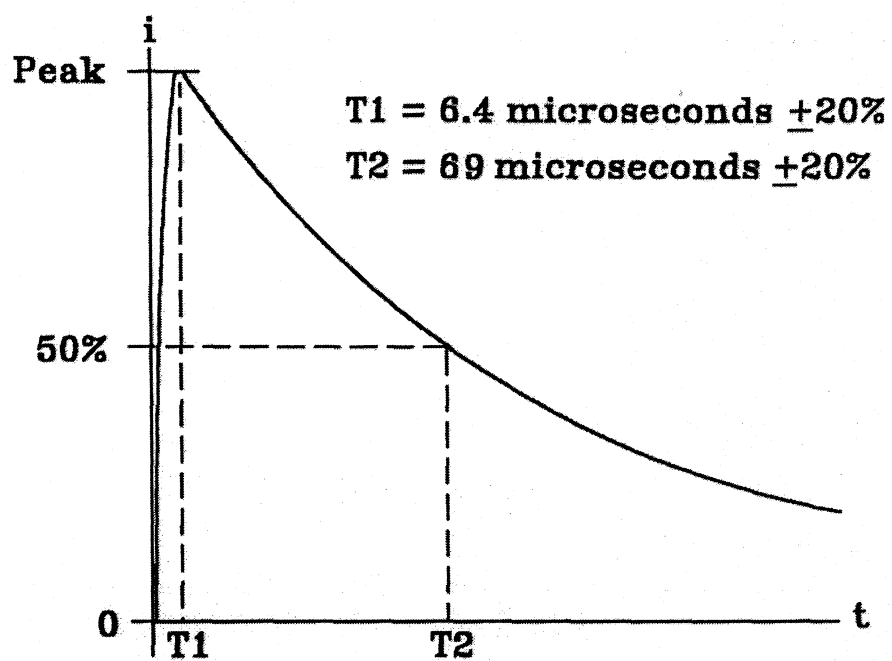
Уровень	Форма импульсов	
	3	6
	V_T / I_L	V_L / I_T
1	60/1	100/5
2	150/2,5	250/12,5
3	360/6	600/30
4	900/15	1500/75
5	1920/32	3200/160

Примечания:

1. Допуски амплитуды + 20%, -0%.
2. Форма импульса 3 представлена на рис.22-3, форма импульса 6 представлена на рис.22-6.
3. Многократные вспышки представлены на рис.22-8.
4. Для каждой формы импульса V_T представляет собой уровень испытательного напряжения в вольтах, а I_T - уровень испытательного тока в амперах. V_L (вольты) и I_L (амперы) представляют собой предельные уровни для предотвращения чрезмерных нагрузок, превышающих заданные требования.
5. Форма импульса 6 применяется вместо формы импульса 3, если установки испытываемого оборудования отвечают критериям, определяемым в разделе 22.5.2.i (3).
6. См. примечания 4,5,6 к таблице 22-3

Табл. 22-6 Зависимость поправочного коэффициента k от числа экранированных проводов в жгуте n

n	2	4	6	8	10	15	20	25	30	40 и более
k	0,56	0,67	0,72	0,77	0,82	0,89	0,94	0,97	0,99	1,0

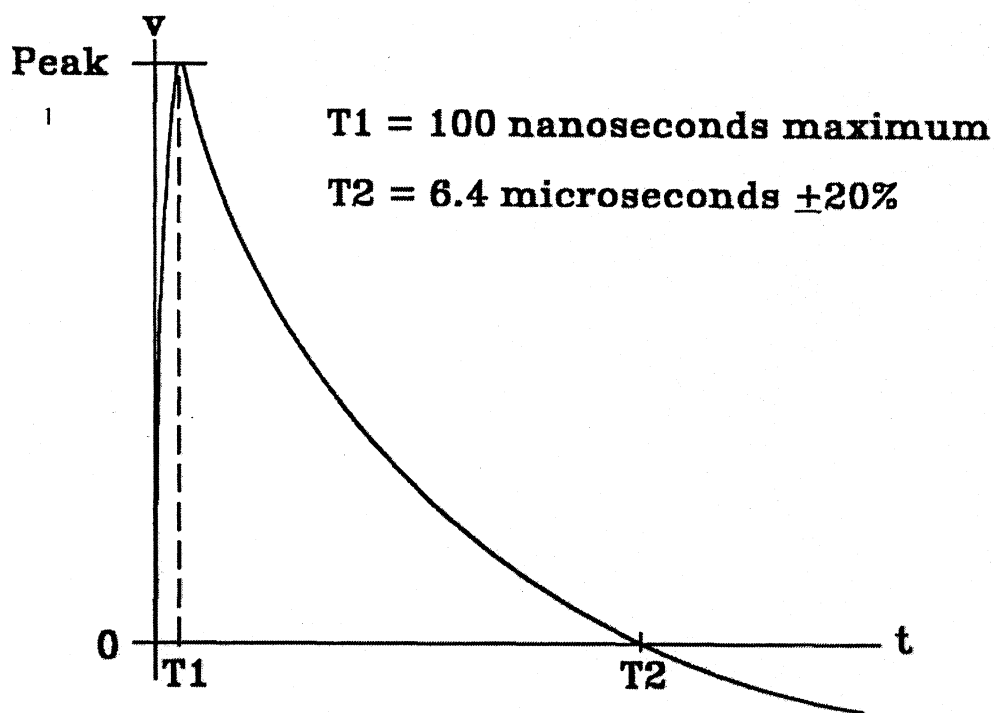


1 – Пик

$T1 = 6,4 \text{ микросекунды } \pm 20\%$

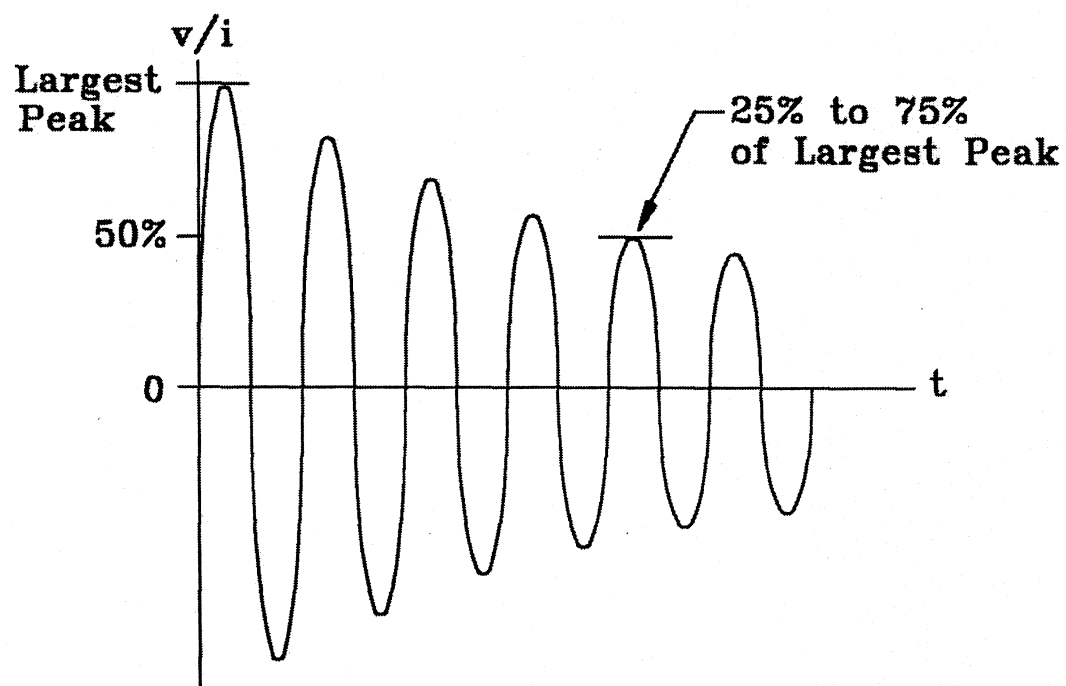
$T2 = 69 \text{ микросекунд } \pm 20\%$

Рисунок 22-1 Импульс тока 1



1 – Пик
 $T_1 = 100$ наносекунд максимум
 $T_2 = 6,4$ микросекунды $\pm 20\%$

Рисунок 22-2 Импульс напряжения 2



1 – Наибольший пик

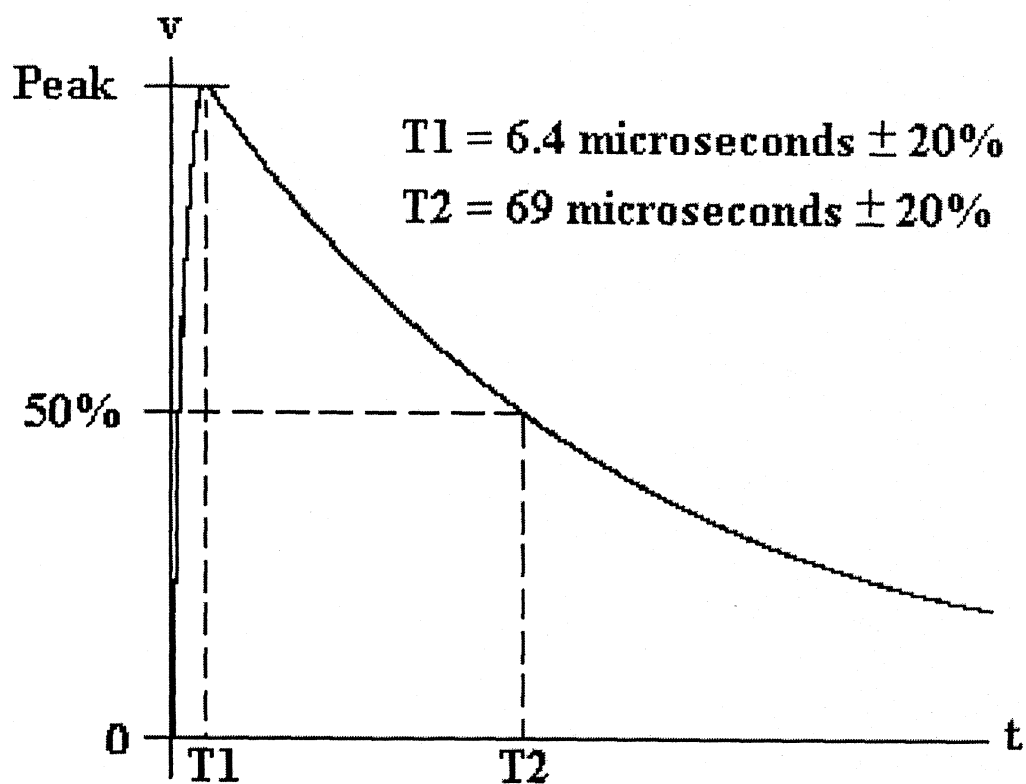
2 – 25% ÷ 75% от величины наибольшего пика

Примечания:

1. Синфазности напряжения и тока не требуется.

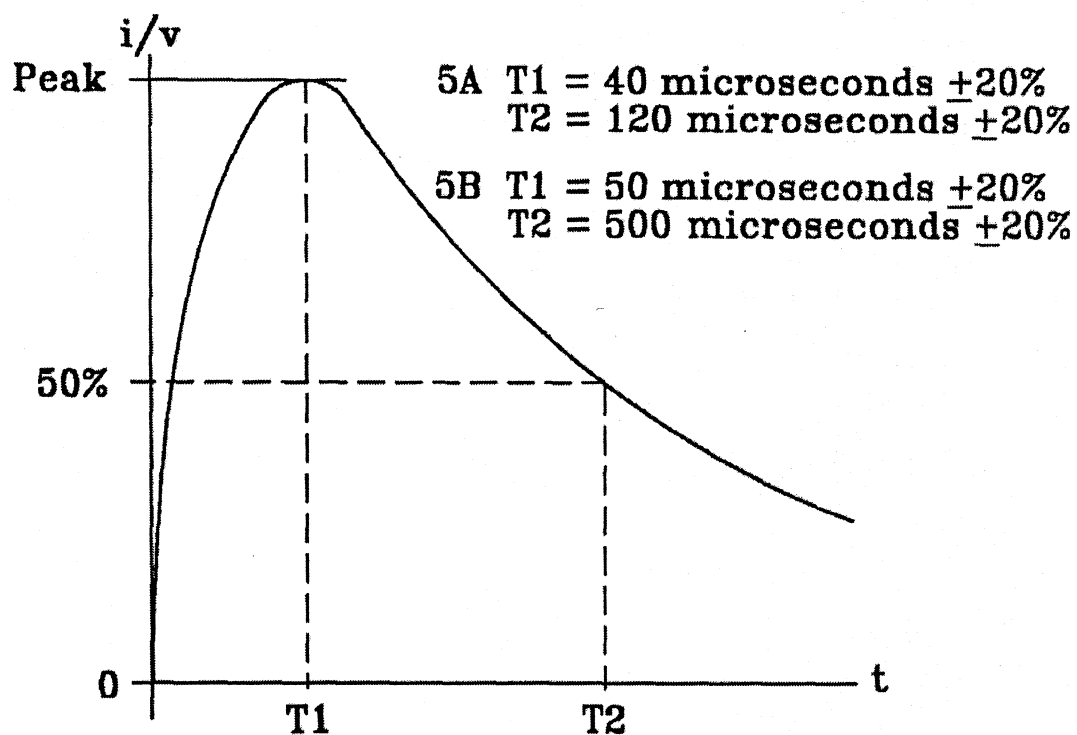
2. Импульс может иметь форму затухающей синусоиды или косинусоиды

Рисунок 22-3 Импульс напряжения / тока 3



1 – Пик
T1 = 6,4 микросекунды $\pm 20\%$
T2 = 69 микросекунд $\pm 20\%$

Рисунок 22-4 Импульс напряжения 4

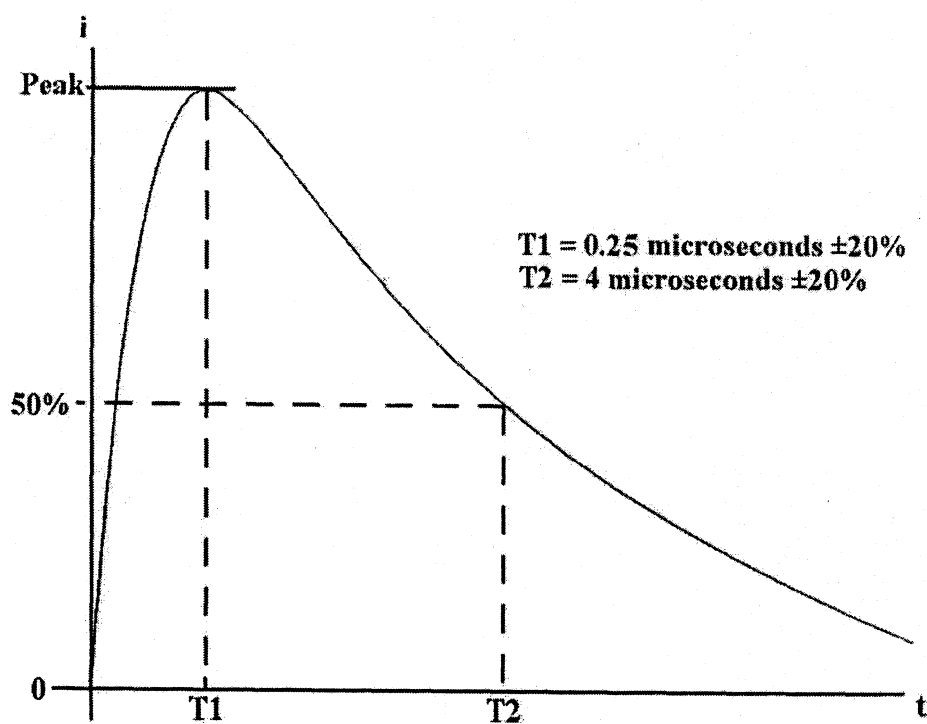


1 – Пик

5A $T1 = 40 \text{ микросекунд } \pm 20\%$
 $T2 = 120 \text{ микросекунд } \pm 20\%$

5B $T1 = 50 \text{ микросекунд } \pm 20\%$
 $T2 = 500 \text{ микросекунд } \pm 20\%$

Рисунок 22-5 Импульс тока / напряжения 5

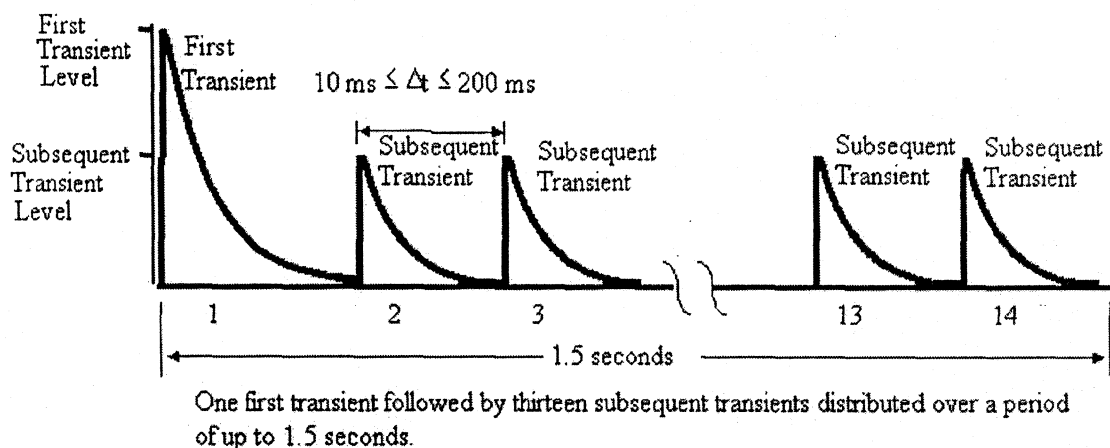


1 – Пик

$T_1 = 0,25 \text{ микросекунды } \pm 20\%$

$T_2 = 4 \text{ микросекунды } \pm 20\%$

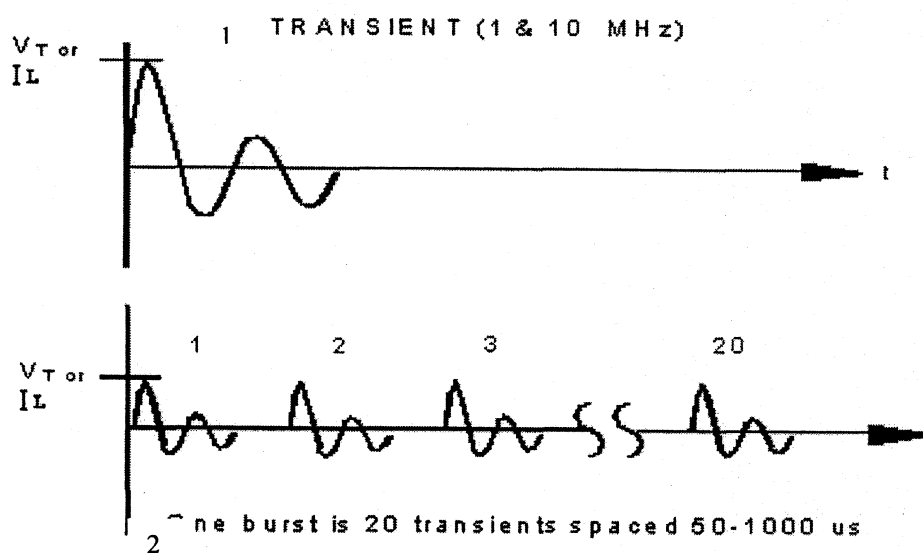
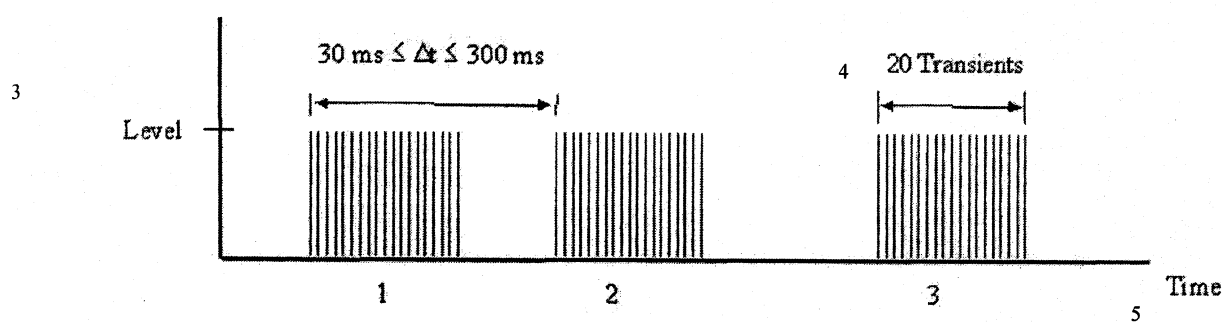
Рисунок 22-6 Импульс тока 6



За первым импульсом переходного процесса следуют тринадцать импульсов, распределенных в течение отрезка времени, достигающего 1,5 секунды.

- 1 – Первый импульс переходного процесса
- 2 – Последующие импульсы переходных процессов
- 3 – Уровень первого импульса переходного процесса
- 4 – Уровень последующих импульсов переходных процессов

Рисунок 22-7 Подача многократных ударов



1 – Импульс переходного процесса (1 ÷ 10 МГц)

2 – Одна вспышка состоит из 20 импульсов, разделенных перерывами в 50 – 1000 мкс

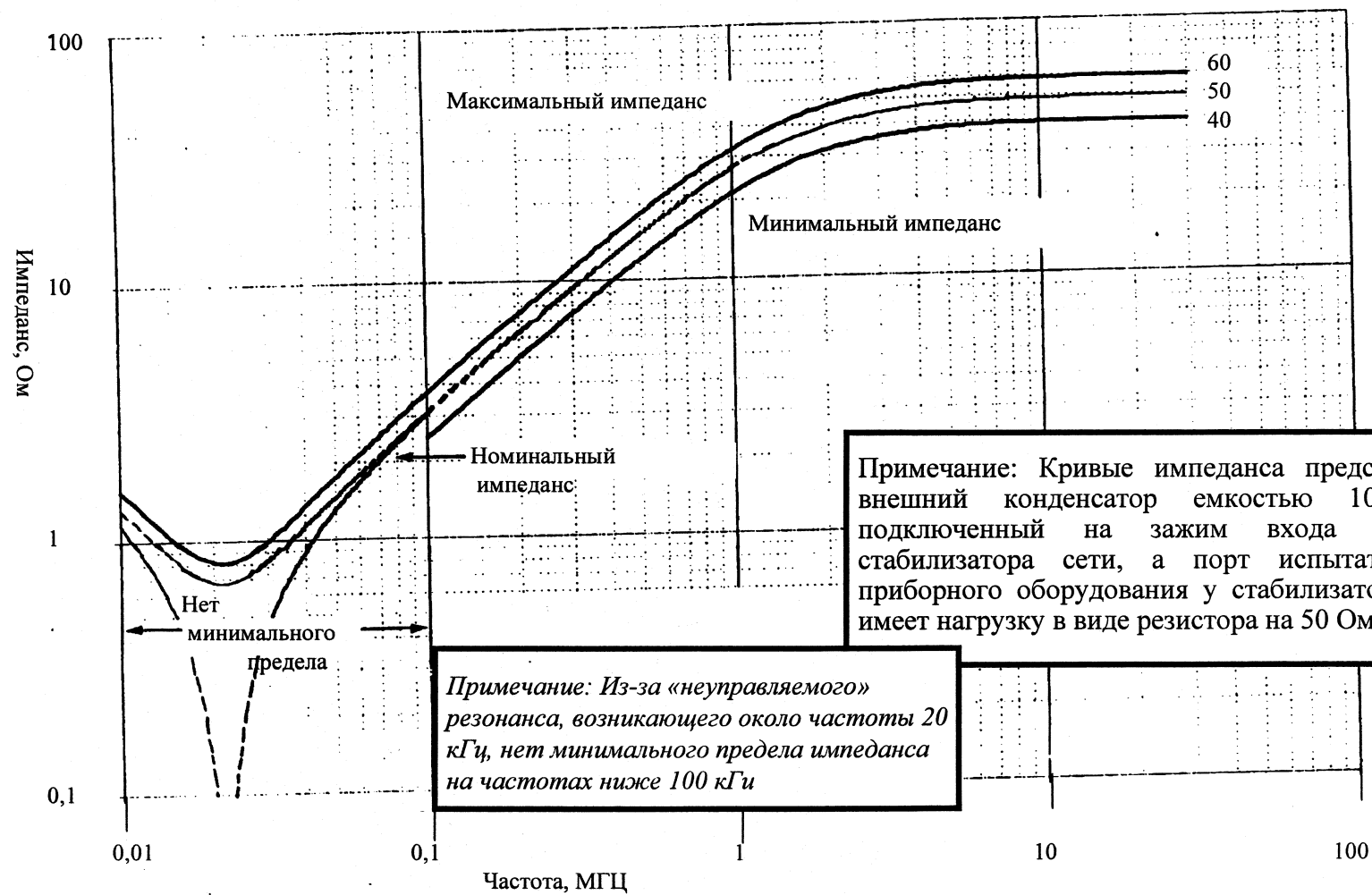
3 – Уровень

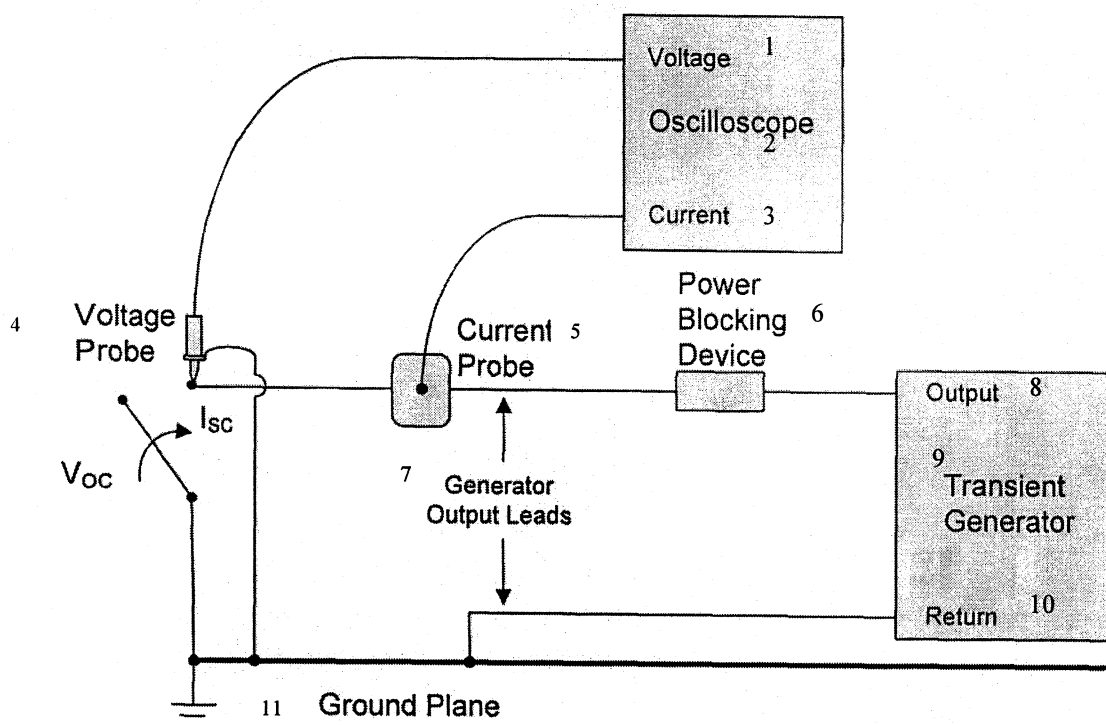
4 – 20 импульсов

5 – Время

Рисунок 22-8 Подача многократных вспышек

Рисунок 22-9 Характеристика входного импеданса стабилизатора сети



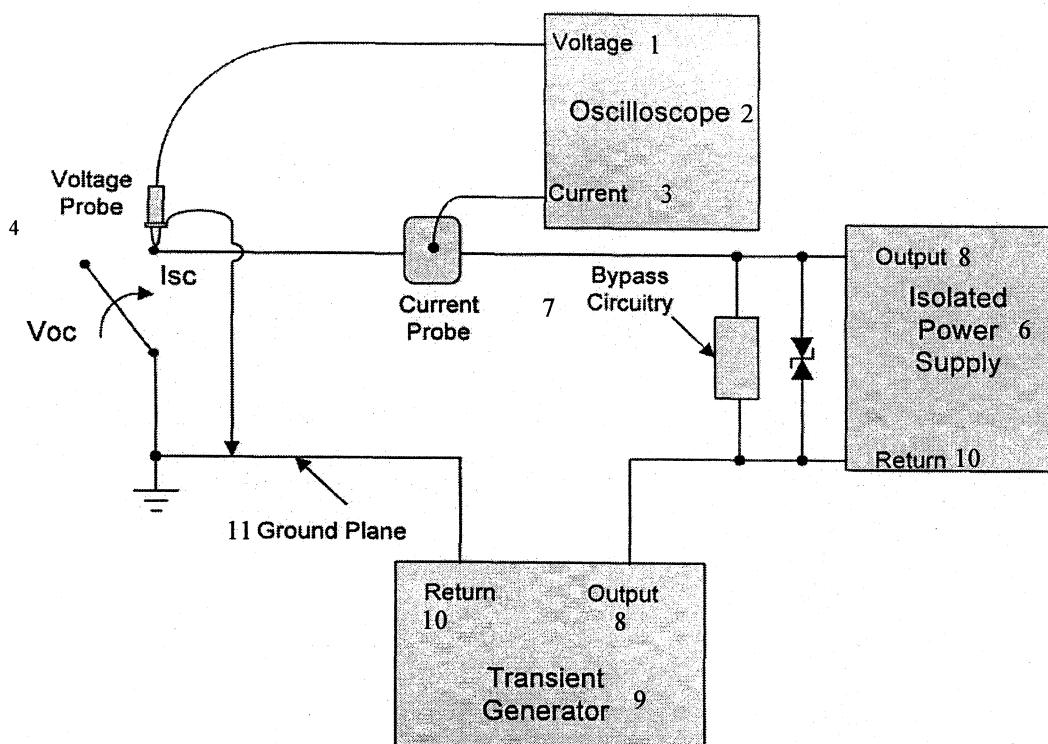


1. Напряжение
2. Осциллограф
3. Ток
4. Зонд напряжения
5. Зонд тока
6. Блокирующее устройство
7. Выводные провода генератора
8. Вывод
9. Генератор импульсов
10. Обратный провод
11. Пластина заземления

Примечания:

1. Для испытаний активных цепей питания переменного тока может потребоваться трансформаторная связь подаваемых импульсов с линиями питания, а импульсы должны быть синхронизированы с максимальными значениями кривой переменного тока.
2. Для развязки контактов испытываемого оборудования с имеющимися на них напряжениями от низкоомного выхода генератора импульсов во время калибровки может применяться блокирующее устройство, обусловленное тем, что эти напряжения могут неблагоприятно влиять на калибровку импульсов. Типичные устройства блокировки представляют собой биполярные устройства подавления для импульсов формы 4 и 5 или последовательно включаемый конденсатор для импульса формы 3. Биполярный прибор подавления выбирается с номинальным напряжением, близким к предполагаемому рабочему напряжению испытываемого оборудования, но может иметь номинальное значение, допускающее испытание с одной калиброванной установкой. Номинальное напряжение, составляющее значительный процент от величины приложенного импульса, будет влиять на калибровку форм импульсов. Конденсатор выбирается для обеспечения тока калибровки; слишком большое значение может приводить во время испытания к нежелательному резонансу.
3. Устройство блокировки необязательно для испытаний оборудования, не находящегося под напряжением.

Рисунок 22-10 Установка для калибровки сигнальных и силовых контактов контактным вводом – Метод прямого ввода

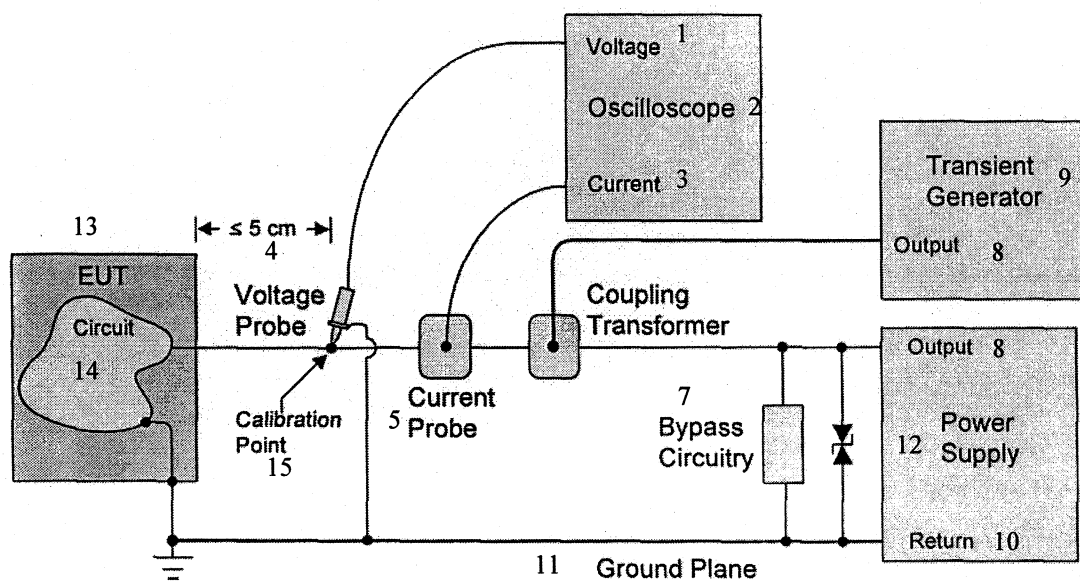


1. Напряжение
2. Осциллограф
3. Ток
4. Зонд напряжения
5. Зонд тока
6. Изолированный источник электропитания
7. Схема шунтирования
8. Вывод
9. Генератор импульсов
10. Обратный провод
11. Пластина заземления

Примечания:

1. Данная установка предназначена для использования с любой формой импульса, при условии, что заданные импульсы достигаются в точке калибровки. Выходной импеданс генератора импульсов должен быть низким, чтобы избежать чрезмерного падения напряжения на силовой линии. Генератор импульсов должен иметь путь постоянного тока с низким импедансом, обеспечивая проход тока большой мощности. При калибровке должно быть включено все указанное вспомогательное оборудование.
2. Схема шунтирования используется для ограничения размера калибровочного контура и обеспечения поступления тока короткого замыкания. Для контактов питания постоянного тока эта схема может представлять собой всего лишь конденсатор соответствующего размера и мощности. Для контактов питания переменного тока схема шунтирования может состоять из конденсатора и/или развязывающего трансформатора с низким импедансом. Назначение калибровочной установки состоит в достижении нужных амплитуд напряжения холостого хода и тока короткого замыкания в точке калибровки с надлежащими формами импульсов при внутренних импедансах источников.
3. В оборудовании, получающем питание от нескольких фаз, калибровка должна повторяться со схемой шунтирования в каждой фазе, а каждая фаза должна тестироваться индивидуально. Одновременное применение ко всем фазам не требуется.

Рисунок 22-12 Калибровочная установка при испытаниях силовых контактов контактным вводом - Метод ввода в заземление

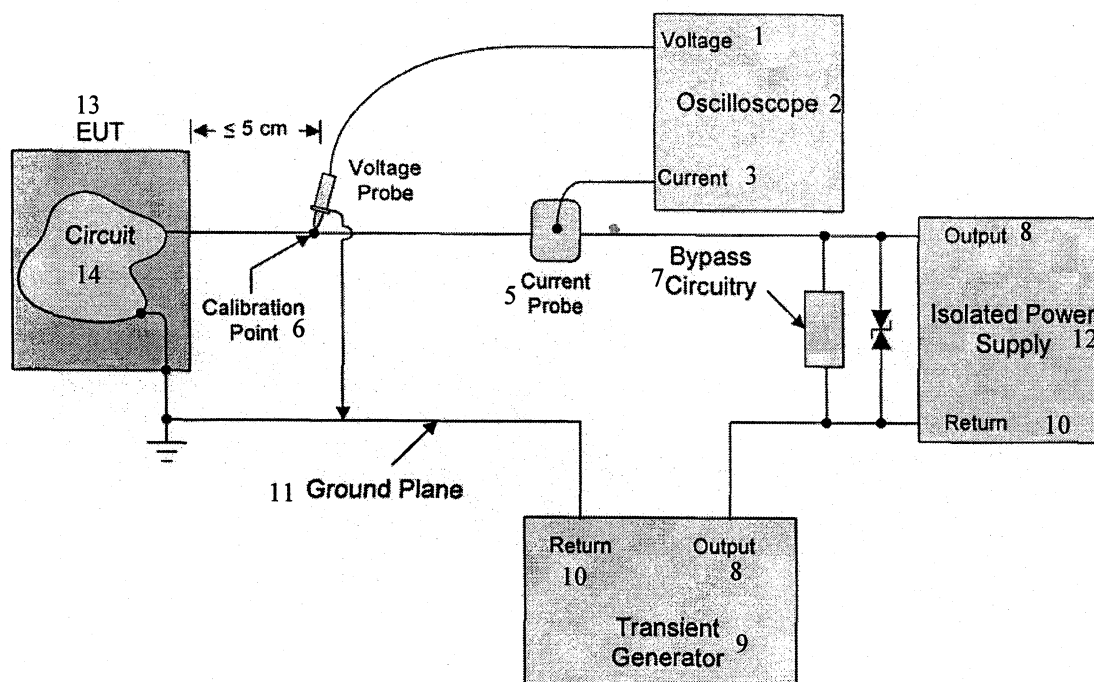


1. Напряжение
2. Осциллограф
3. Ток
4. Зонд напряжения
5. Зонд тока
6. Трансформатор связи
7. Схема шунтирования
8. Вывод
9. Генератор импульсов
10. Обратный провод
11. Пластина заземления
12. Источник питания
13. Испытываемое оборудование
14. Цепь
15. Точка калибровки

Примечания:

1. Действительны примечания к рисунку 22-10, относящиеся к калибровочной установке.
2. В испытательной установке и процедурах испытаний предполагается появление требуемых импульсов, вызываемых молнией, между линиями питания и обратными проводами. Если провод питания и обратный провод идут от удаленного блока, в одном и том же кабельном жгуте с сигнальными проводами, то в испытательной установке должен использоваться обратный провод изолированного источника для гарантии надлежащей оценки синфазности.
3. Сигнал должен также индуктироваться в обратный провод питания, если он не связан непосредственно с корпусом в соединителе.
4. Обратный провод питания должен быть как можно короче.

Рисунок 22-14 Установка для испытаний контактным вводом, силовые контакты - Метод индуктирования сигнала в кабель.



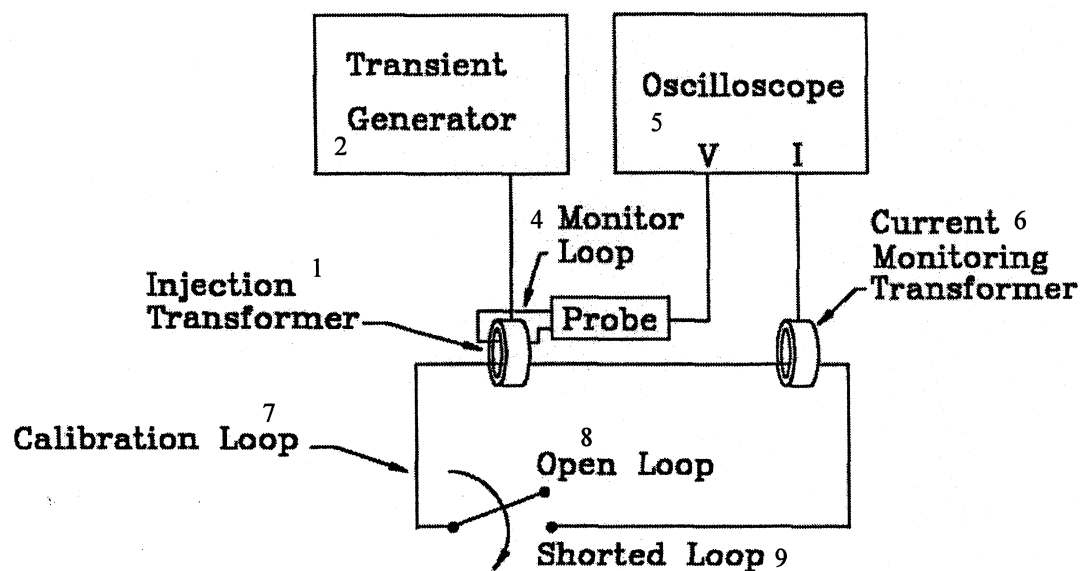
1. Напряжение
2. Осциллограф
3. Ток
4. Зонд напряжения
5. Зонд тока
6. Точка калибровки
7. Схема шунтирования
8. Вывод
9. Генератор импульсов
10. Обратный провод
11. Пластина заземления
12. Источник питания
13. Испытываемое оборудование
14. Цепь
15. Точка калибровки

*1 Обратный провод питания должен быть как можно короче

Примечания:

1. Действительны примечания к рисунку 22-12, относящиеся к калибровочной установке.
2. В испытательной установке и процедурах испытаний предполагается появление требуемых импульсов, вызываемых молнией, между линиями питания и обратными проводами. Если провод питания и обратный провод идут от удаленного блока, в одном и том же кабельном жгуте с сигнальными проводами, то в испытательной установке должен использоваться обратный провод изолированного источника для гарантии надлежащей оценки синфазности.
3. Сигнал должен также индуктироваться в обратный провод питания, если он не связан непосредственно с корпусом в соединителе.
4. Обратный провод испытываемого оборудования должен быть как можно короче.

Рисунок 22-15 Установка для испытаний контактным вводом, силовые контакты - Метод ввода в заземление

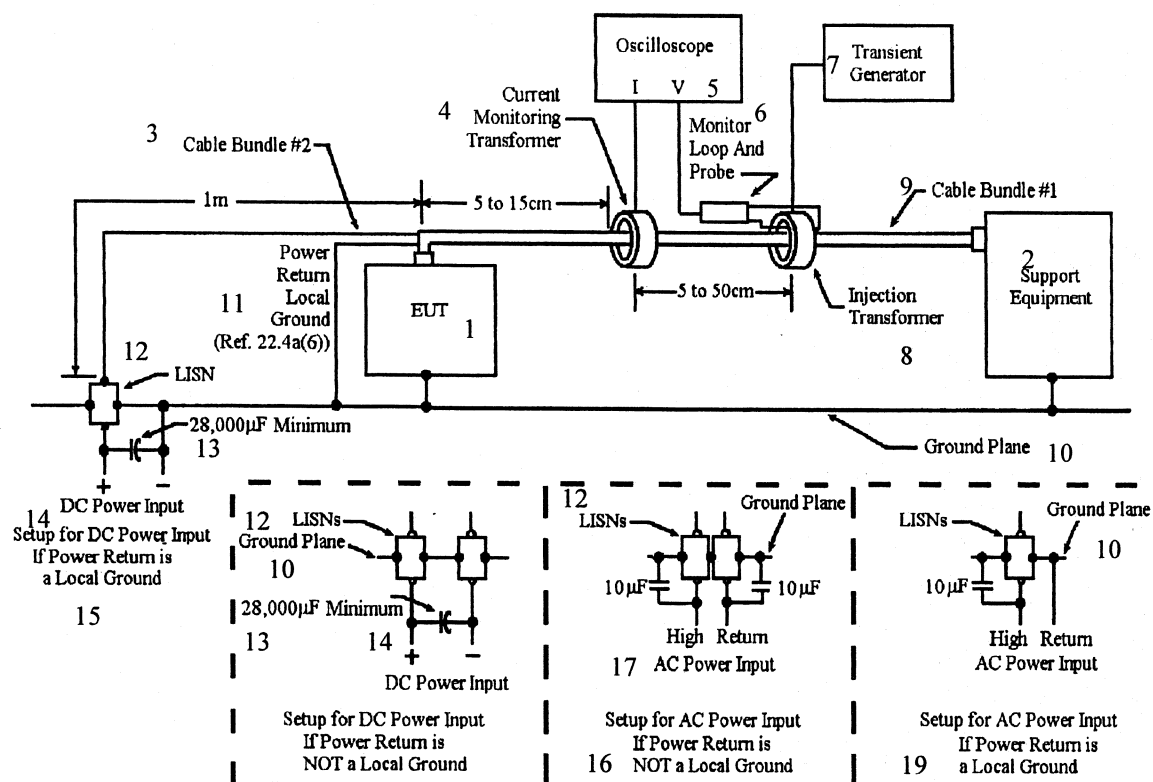


- 1 – Инжекционный трансформатор
- 2 – Генератор импульсов
- 3 – Зонд
- 4 – Контрольный контур
- 5 – Осциллограф
- 6 – Измерительный трансформатор тока
- 7 – Калибровочный контур
- 8 – Разомкнутый контур
- 9 – Замкнутый контур

Примечание:

Вместо измерительного трансформатора тока можно использовать включенный последовательно резистор для измерения тока.

Рисунок 22-16 Типовая установка для проверки работы генератора импульсов при испытаниях кабелей индуктированием сигнала

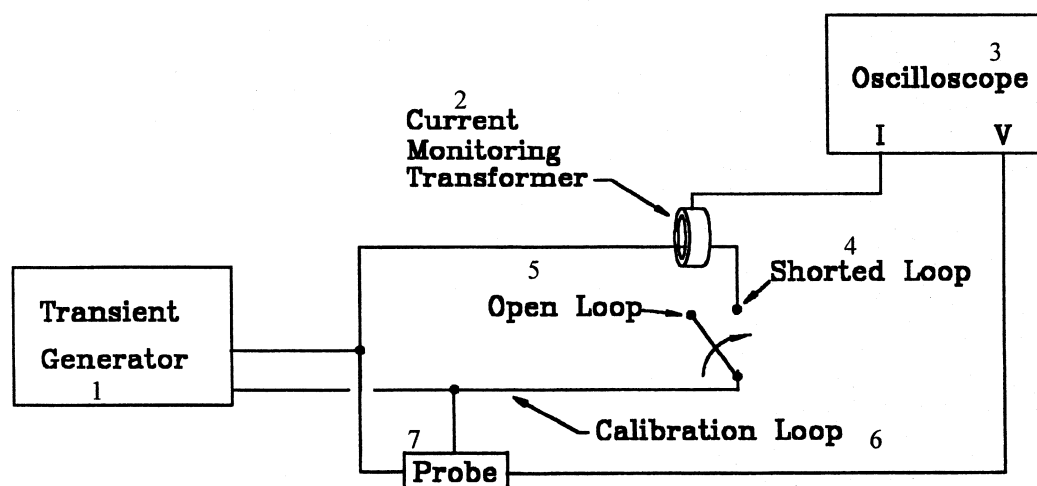


- 1 – Испытываемое оборудование
- 2 – Вспомогательное оборудование
- 3 – Жгут проводов № 2
- 4 – Контрольный трансформатор тока
- 5 – Осциллограф
- 6 – Контрольный контур и зонд
- 7 – Генератор импульсов
- 8 – Инжекционный трансформатор
- 9 – Жгут кабелей № 1
- 10 – Пластина заземления
- 11 – Питание
Обратный провод
Местное заземление
(См. 22.4 а (6))
- 12 – Стабилизатор сети
- 13 – 28,000 мкФ, минимум
- 14 – Вход питания постоянным током
- 15 – Установка для обеспечения питания постоянным током в случае, когда обратным проводом питания является провод местного заземления
- 16 – Установка для обеспечения питания постоянным током в случае, когда обратным проводом питания НЕ является провод местного заземления
- 17 – Вход питания переменным током
Прямой провод
Обратный провод
- 18 – Установка для обеспечения питания переменным током в случае, когда обратным проводом питания НЕ является провод местного заземления
- 19 – Установка для обеспечения питания переменным током в случае, когда обратным проводом питания является провод местного заземления.

Примечания:

1. Как показано на рисунке, для обеспечения низкой величины полного сопротивления между входом и землей, на вход питания включается конденсатор (конденсаторы).
2. Вместо измерительного трансформатора тока можно в линию включить последовательно резистор для измерения тока

Рисунок 22-17 Типовая установка для испытаний индуктированием сигнала в кабель

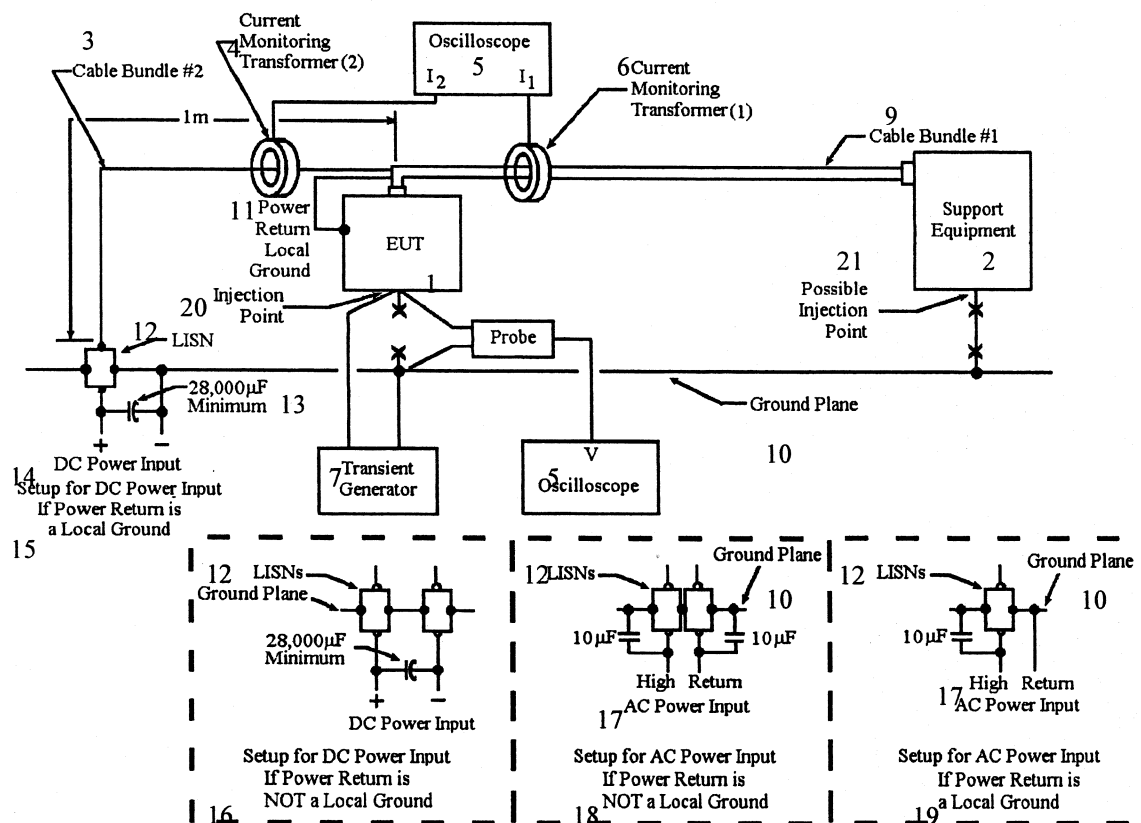


- 1 – Генератор импульсов
- 2 – Контрольный трансформатор тока
- 3 – Осциллограф
- 4 - Замкнутый контур
- 5 – Разомкнутый контур
- 6 – Калибровочный контур
- 7 - Зонд

Примечание:

1. Вместо измерительного трансформатора тока можно в линию включить последовательно резистор для измерения тока

Рисунок 22-18 Типовая установка для проверки работы генератора при испытаниях вводом сигнала в заземление



- 1 – Испытываемое оборудование
- 2 – Вспомогательное оборудование
- 3 – Жгут кабелей № 2
- 4 – Контрольный трансформатор тока (2)
- 5 – Осциллограф
- 6 – Контрольный трансформатор тока (10)
- 7 – Генератор импульсов
- 8 – Зонд
- 9 – Жгут кабелей № 1
- 10 – Пластина заземления
- 11 – Питание
Обратный провод
Местное заземление
- 12 – Стабилизатор сети
- 13 – 28,000 мкФ, минимум
- 14 – Вход питания постоянным током
- 15 – Установка для обеспечения питания постоянным током в случае, когда обратным проводом питания является провод местного заземления
- 16 – Установка для обеспечения питания постоянным током в случае, когда обратным проводом питания НЕ является провод местного заземления
- 17 – Вход питания переменным током
Прямой провод
Обратный провод
- 18 – Установка для обеспечения питания переменным током в случае, когда обратным проводом питания НЕ является провод местного заземления
- 19 – Установка для обеспечения питания переменным током в случае, когда обратным проводом питания является провод местного заземления.
- 20 – Точка ввода
- 21 – Возможная точка ввода

Примечания:

1. Конденсаторы должны применяться на силовых входах, чтобы обеспечить низкий импеданс к земле, как показано.
2. Выходной импеданс генератора импульсов должен быть низким, чтобы избежать чрезмерного падения напряжения на силовой линии. Генератор импульсов должен иметь путь постоянного тока с низким импедансом, обеспечивая проход тока большой мощности.
3. Вместо контрольного трансформатора тока может использоваться серия резисторов.

Рисунок 22-19 Типовая установка для испытаний вводом сигнала в заземление

КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

КТ-160G/14G

УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ БОРТОВОГО АВИАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Раздел 23

ПРЯМОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ МОЛНИИ

КТ-160G/14G

Заменяет: КТ-160D

Дата выпуска: 2015г.

Подготовлен: РГ-ВВФ

Издан: НИИАО

23.0 Прямое воздействие молнии

23.1 Цель испытаний

Испытания, рассматриваемые в данном разделе, должны определять способность наружного оборудования выдерживать прямое воздействие разряда молнии. Термином "наружное оборудование" обозначается все оборудование, устанавливаемое снаружи основной обшивки летательного аппарата; к нему относится все оборудование, которое покрыто только обшивкой из диэлектрического материала или обтекателем, являющимся неотъемлемой частью оборудования. Наружное оборудование также включает в себя соединительные кабели и связанные с ними терминальные блоки, поставляемые изготовителем оборудования в комплекте оборудования.

Из описания приведенных здесь испытаний намеренно исключено воздействие токов и напряжений, индуцируемых в наружном оборудовании и связанных с ним цепях за счет емкостной и индуктивной связи. Эти косвенные воздействия рассмотрены в разделе 22.

Примерами оборудования, на которое распространяется данный раздел, являются антенны, устройства внешнего светотехнического оборудования, датчики воздушных сигналов, наружные датчики, противообледенительные системы, которые установлены снаружи планера (например, протекторы противообледенительной системы с электрическим подогревом), магнитные индикаторы уровня жидкости, крышки заправочных горловин топлива и сливные клапаны.

Примерами оборудования, на которое обычно не распространяется данный раздел, является оборудование, составляющее неотъемлемую часть конструкции летательного аппарата (например, лобовые стекла с подогревом и без подогрева, электрические противообледенительные системы передних кромок крыла, составляющие единое целое с передними кромками, или закрываемые конструкцией передних кромок), или установленное снаружи оборудование, защищенное носовыми обтекателями радиолокационной антенны или диэлектрическими оболочками, отделенными от конструкции летательного аппарата и не встроенными в оборудование. Подобные компоненты обычно должны рассматриваться и/или испытываться в рамках программы сертификации молниезащиты планера, заданной его разработчиком, или испытываться по другим методикам, предназначенным для оцениваемого компонента.

В настоящем разделе рассматриваются два типа испытаний на прямое воздействие молнии: испытание контактом с высоковольтными разрядами и проверка физических повреждений, вызванных сильными токами. Испытания контактом с высоковольтными разрядами используются для определения возможных мест контакта молнии с испытываемым объектом. Проверка физических повреждений, вызванных сильными токами, используется для определения повреждений испытываемого объекта, когда канал молнии контактирует с испытываемым объектом или проходит рядом с ним. Проверка физических повреждений, вызванных сильными токами, может применяться для оценки:

- повреждения основания электрической дуги;
- образования горячей точки;
- характера проплавления;
- адекватности защиты;
- характера контакта (искрообразование и повреждение);
- уровней напряжения и тока, индуцированных в электрических проводниках, связанных с испытываемым объектом.

Обычно испытания контактом с высоковольтными разрядами проводятся, в первую очередь, для определения возможных мест контакта молнии с испытываемым объектом. Проверка физических повреждений, вызванных сильными токами, затем проводится в местах контакта, определенных при высоковольтных испытаниях. Испытываемые объекты, которые не имеют диэлектрических покрытий, могут не требовать высоковольтных испытаний перед проверкой сильными токами, если могут быть определены возможные точки попадания

молний. В этих случаях в плане испытаний должны быть указаны точки испытываемого объекта, в которых должны проводиться проверки сильными токами.

Обычно во время испытаний, рассмотренных в данном разделе, на оборудование не подается электропитание и оно не работает. В тех случаях, когда включение питания может изменить восприимчивость оборудования к прямому воздействию молнии, на оборудование должно быть подано питание или должны применяться средства, имитирующие включение питания. Необходимость включения питания или применения имитаторов питания должна быть указана в плане испытаний.

В некоторых случаях необходимо оценивать возможное взаимодействие испытываемого объекта с другими самолетными системами при ударах молнии. Обычно оцениваются два вида взаимодействий:

- за счет характеристик напряжений, которые напрямую индуктируются в проводке испытываемого объекта и проникают по ней в другие бортовые электрические / электронные системы;

- вследствие возможности воздействия дуги / искр от испытываемого объекта, находящегося в области с парами топлива.

В данном разделе приводятся процедуры обнаружения дугообразования и искрообразования, способного воспламенить топливную смесь энергией 200 мкДж, и методики непосредственного измерения напряжений, индуктированных в проводке испытываемого объекта. Необходимость использования данных процедур должна быть отражена в плане испытаний.

Для оборудования топливной системы, установленного снаружи корпуса самолета, требуются дополнительные методы защиты, не допускающие возникновения любых источников воспламенения с энергией, равной или превышающей 200 мкДж. В 24.3.4.1 рассматривается, каким образом применять методы испытаний, содержащиеся в данном разделе, к элементам топливной системы, установленным снаружи. Цель данных испытаний, применительно к элементам топливной системы, состоит в том, чтобы определить, возможно ли возникновение источника воспламенения при попадании молнии в данный элемент топливной системы. Испытания, изложенные в настоящем разделе, не распространяются на локализацию процесса горения, распространение пламени, и скачки давления, вызванные горением. Поэтому методы выявления источников воспламенения, рассмотренные в настоящем разделе, не относятся к элементам, предупреждающим распространение, таким как гасители пламени. Для испытания таких элементов, как клапаны НАСА, у которых нужно определять распространение пламени или повышения давления, вызванные воспламенением, не могут применяться смеси водород-аргон; для этого должны использоваться углеводородные смеси.

Блок-схема последовательности испытаний представлена на рисунке 23-1.

23.2 Определения

Интеграл действия (Action Integral)

Интеграл квадрата изменяющегося по времени тока за время его протекания. Он обычно выражается в единицах $A^2 \cdot s$.

Основание дуги (Arc Root)

Место на поверхности проводящего тела, с которым контактирует канал молнии при прохождении сильных токов.

Точка контакта (Attachment Point)

Точка контакта молнии с летательным аппаратом.

Продолжительный (или постоянный) ток (Continuing Current)

Ток молнии, имеющий низкий уровень, но большую длительность, который протекает между (или после) импульсов сильного тока.

Корона (Corona)

Светящийся разряд, который возникает вследствие разности электрических потенциалов между летательным аппаратом и окружающей атмосферой.

Прямое воздействие (Direct Effects)

Любое физическое воздействие на летательный аппарат и/или оборудование вследствие непосредственного контакта с молниевым каналом и/или прохождения тока молнии. К последствиям воздействий относятся пробой диэлектрической обшивки, взрыв, изгиб, плавление, выгорание и испарение на поверхностях и конструкциях летательного аппарата или оборудования. Сюда относятся также напряжения и токи, напрямую инжектированные в связанную с оборудованием проводку, трубопроводы и другие проводящие элементы.

Разряд (Discharge)

Перенос заряда от импульсных генераторов высокого напряжения или сильного тока.

Первый возвратный удар (First Return Stroke)

Импульс большого тока, который возникает, когда лидер образует цепь между двумя центрами зарядов. Этот импульс имеет большой максимальный ток, большую скорость изменения тока по времени (di/dt) и большое значение интеграла действия.

Перекрытие дугой (Flashover)

Этот термин используется, когда электрическая дуга, возникающая при пробое разрядного промежутка, проходит над или около диэлектрической поверхности без ее пробоя.

Пробой промежутка (Gap Breakdown)

Электрический пробой промежутка между электродами, присоединенными к выходным клеммам генератора. Пробой вызывается разрядом конденсаторов импульсного генератора высокого напряжения или сильного тока.

Горячая точка (Hot Spot)

Поверхность, контактирующая с топливно-воздушной смесью, которая нагревается за счет прохождения токов молнии до температуры, вызывающей воспламенение смеси.

Промежуточный ток (Intermediate Current)

Ток длительностью в несколько миллисекунд, амплитуда которого (обычно составляющая несколько килоампер) превышает диапазон продолжающихся токов и находится ниже диапазона токов молнии.

Лидер (Leader)

Слабосветящийся, слаботочный разряд, предшествующий возвратному удару молнии, сопровождающийся интенсивным электрическим полем.

Вспышка молнии (Lightning Flash)

Все явление молнии, которое может происходить внутри облака, между двумя облаками или между облаком и землей. Молния может состоять из одного или нескольких возвратных ударов и, кроме того, промежуточного или продолжающегося токов.

Удар молнии (Lightning Strike)

Любой контакт вспышки молнии с летательным аппаратом.

Зоны удара молнии (Lightning Strike Zones)

Поверхности и конструкции летательного аппарата, классифицированные в зависимости от вероятности попадания молнии, времени действия и проводимости тока. Для справки см. ARP5414/ED-91.

Удар молнии (возвратный удар) (Lightning Stroke (Return Stroke))

Всплеск тока молнии, который происходит, когда лидер молнии вступает в контакт с землей или другим центром заряда.

Пробой (Puncture)

Локализованное необратимое нарушение свойств изоляции твердого диэлектрического материала.

Стримеры (Streamers)

Разветвляющиеся дорожки ионизации, которые появляются при прямом ударе или в условиях, когда удары молнии близки.

Перемещающийся канал (Swept Channel)

Канал молнии относительно самолета, который представляется в виде ряда последовательных контактов, вызванных перемещением вспышки из-за движения самолета.

Перемещающийся лидер (Swept Leader)

Лидер молнии, который меняет свое положение относительно летательного аппарата после контакта исходного лидера и перед появлением первого возвратного удара в силу движения летательного аппарата во время перемещения лидера.

Искры, вызванные нагревом (Thermal Sparks)

Горящие частицы, появляющиеся при быстром расплавлении и испарении проводящих материалов, пропускающих ток через точечный контакт.

Искры, вызванные высоким напряжением (Voltage Sparks)

Электрический пробой газообразного диэлектрика между двумя разделенными проводниками.

23.3 Категории оборудования

Характер и уровень жесткости испытаний, которым подвергается наружное оборудование, зависит от заданных категорий этого оборудования. Заданные категории оборудования должны соответствовать зонам ударов молний, в которых установлено это оборудование. Обозначение категории оборудования должно состоять из четырех букв:

- двумя первыми буквами обозначается категория испытания контактом высоковольтного удара молнии;
- третьей и четвертой буквами обозначается категория проверки повреждений, вызванных сильным током.

Поэтому обозначение категории может выглядеть следующим образом:

2A
Категория испытаний
контактом высоковольтного
удара молнии

2A
Категория испытаний
для проверки повреждений,
вызванных сильным током

Если испытания контактом высоковольтного удара молнии не выполняются, то первыми двумя буквами будут XX. Если испытания для проверки повреждений, вызванных сильным током, не выполняются, то третьей и четвертой буквами будут XX. Если испытания не проводятся, то обозначением категории будет XXXX.

Если испытания высоким напряжением или сильным током выполняются с использованием форм импульсов или конфигураций испытательных установок, отличающихся от установленных в данном разделе, то должно использоваться обозначение категории ZZ. Например, испытание контактом высоковольтного удара молнии с использованием нестандартной формы импульса, за которым следует проверка повреждений, вызванных сильным током согласно категории 1A, имеет обозначение категории ZZ1A. Когда используется категория ZZ, конкретные условия испытаний и испытательные уровни должны указываться в протоколе испытаний.

Ниже приводится описание каждой из стандартизованных категорий испытаний.

Категория 1A

Относится к наружному оборудованию, установленному в областях, обозначенных Зоной 1A. В эту зону входят все части поверхности летательного аппарата, где возможен первый возвратный удар во время контакта канала молнии с низкой вероятностью задержки вспышки.

Категория 1B

Относится к наружному оборудованию, установленному в областях, обозначенных Зоной 1B. В эту зону входят все части поверхности летательного аппарата, где возможен первый возвратный удар во время контакта канала молнии с высокой вероятностью задержки вспышки.

Категория 1C

Относится к наружному оборудованию, установленному в областях, обозначенных Зоной 1C. В эту зону входят все части поверхности летательного аппарата, где возможен первый возвратный удар с уменьшенной амплитудой во время контакта канала молнии с низкой вероятностью задержки вспышки.

Категория 2A

Относится к наружному оборудованию, установленному в областях, обозначенных Зоной 2A. В эту зону входят все части поверхности летательного аппарата, где возможен последующий возвратный удар во время контакта канала молнии с низкой вероятностью задержки вспышки.

Категория 2B

Относится к наружному оборудованию, установленному в областях, обозначенных Зоной 2B. В эту зону входят все части поверхности летательного аппарата, в которые возможно перемещение канала молнии, приносящего последующий возвратный удар, с высокой вероятностью задержки вспышки.

Категория 3N

Относится к наружному оборудованию, установленному в областях, обозначенных Зоной 3, которые имеют новые конструктивные особенности, значительно снижающие уровень защиты, обеспечиваемый в традиционных конструкциях, или опыт эксплуатации которых недостаточен.

23.4 Общие методы испытаний

В данном разделе рассмотрены методы испытаний контактом высоковольтного удара молнии и проверки повреждений, вызванных сильным током. Высоковольтные испытания используются для определения мест, в которых молния может попасть в оборудование, и для проверки достаточности защиты непроводящих материалов. Испытания сильным током используются для проверки способности оборудования выдерживать токи молнии.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Для испытаний, имитирующих удары молнии, требуется электрическое оборудование большой мощности, которое при работе получает заряд с очень высоким напряжением. Поэтому необходимо соблюдать все меры предосторожности, относящиеся к данному типу испытательной аппаратуры. Все испытания должны проводиться в помещении с контролируемым доступом силами персонала, имеющим опыт в проведении испытаний высокими напряжениями / сильными токами.

23.4.1 Испытания контактом высоковольтного удара молнии

В данном разделе рассматриваются два типа высоковольтных испытаний. Тип высоковольтных испытаний, выполняемых на испытываемом объекте, зависит от требований к категории испытаний. Испытания контактом исходного лидера используются для определения возможных мест контакта молнии с изделием оборудования, вызванного приближающимся лидером молнии. Испытания контактом перемещающегося молниевое канала используются для определения возможных мест контакта молнии с изделием, вызванного перемещением молниевое канала по изделию. В таблице 23-1 приведен обзор типов испытаний и соответствующих испытательных импульсов высокого напряжения, используемых в каждой категории испытаний.

Таблица 23-1 – Типы высоковольтных испытаний и формы испытательных импульсов

Категория испытаний контактом высоковольтного удара молнии	Тип испытаний	Форма импульса высокого напряжения	
		A	D
1A	Испытания контактом исходного лидера (23.4.1.2)		X
1B	Испытания контактом исходного лидера (23.4.1.2)		X
1C	Испытания контактом перемещающегося канала (23.4.1.3)	X	
2A	Испытания контактом перемещающегося канала (23.4.1.3)	X	
2B	Испытания контактом перемещающегося канала (23.4.1.3)	X	
3N	Испытания контактом перемещающегося канала (23.4.1.3)	X	

23.4.1.1 Формы импульсов при высоковольтных испытаниях

Испытания контактом высоковольтного удара молнии проводятся с использованием одного или нескольких импульсов следующих форм:

Импульс напряжения А

Импульс напряжения А имеет участок роста, на котором напряжение возрастает со скоростью $(1000 \pm 50\%)$ кВ/мкс (см. рисунок 23-2). Скорость возрастания необходимо измерять на участке между величинами, составляющими 30% и 90% от максимальной величины напряжения.

Импульс напряжения D

У импульса D напряжение достигает пикового значения за время, находящееся в пределах от 50 до 250 мкс, при этом время достижения 50% пиковой величины равно примерно 2000 мкс (см. рисунок 23-3).

23.4.1.2 Испытание контактом с исходным лидером

23.4.1.2.1 Цель испытаний

Данное испытание относится к оборудованию категорий 1А и 1В. Испытание используется для определения возможных мест контакта молнии с изделием; в случаях испытаний изделий с покрытием из диэлектрика оно применяется для определения канала пробоя по поверхности покрытия или сквозь покрытие из диэлектрика.

23.4.1.2.2 Объект испытаний

Объектом испытаний должен служить заводской образец оборудования, выпущенный производственной линией, или репрезентативный опытный образец. Испытываемое изделие должно быть указано в плане испытаний.

23.4.1.2.3 Испытательная арматура

Объект испытаний должен быть установлен в испытательной арматуре, которая отражает реальную или планируемую установку оборудования. Испытательная арматура должна быть указана в плане испытаний.

23.4.1.2.4 Испытательная установка

Объект испытаний и испытательная арматура в соответствии с планом испытаний должны быть установлены на проводящем заземленном экране так, как показано на рисунке 23-4. Все проводящие части оборудования, которые заземляются на корпус воздушного судна, должны быть подсоединены к экрану и к одному из выводов высоковольтного генератора. Другой вывод генератора должен быть подсоединен к большому плоскому электроду так, как показано на рисунке 23-4. Заземленный экран и электрод должны обладать достаточными размерами и иметь закругленные края (для уменьшения напряженности электрического поля). В плане они могут иметь форму квадрата или круга. Испытательная установка выбирается так, чтобы электрические процессы, такие как появление короны или стримера, начинались на испытываемом объекте, а не на электроде.

Допускается в схеме на рис. 23-4 установки для испытания с исходным лидером испытываемый объект устанавливать на электроде 1.

При монтаже установки для испытания контактом с исходным лидером необходимо выполнить следующие шаги:

- а. Смонтировать испытываемый объект на испытательной арматуре. Обеспечить соответствие электрического соединения объекта с арматурой реальному или планируемому соединению.
- б. Установить испытываемый объект и арматуру на заземленном экране.
- в. Обеспечить электрическое соединение всех проводящих наружных и внутренних деталей испытываемого образца, которые в обычных условиях соединены с корпусом летательного аппарата, с заземленным экраном в соответствии с планом испытаний.
- г. Присоединить выход высоковольтного генератора к электроду.
- д. Присоединить обратный провод высоковольтного генератора к заземленному экрану.
- е. Убедиться в том, что соединения между высоковольтным генератором и испытываемым объектом расположены выше по отношению к заземленному экрану, чем испытываемый объект.
- ж. Следует заметить, что если имеется необходимость включить в состав испытываемого объекта все электрические соединения, имеющиеся в нормальных условиях между испытываемым объектом и летательным аппаратом, то при испытаниях контактом высоковольтного удара молнии не обязательно выдерживать величины сопротивлений этих соединений. Важно обеспечить непрерывность электрических соединений, а не низкие величины сопротивлений.
- з. Установить датчики и регистрирующее оборудование. К ним относятся высоковольтный делитель, регистрирующий осциллограф и камеры для фотосъемки вспышек. Могут использоваться и дополнительные приборы для измерения тока разряда и фотографирования стримеров, образующихся внутри объекта и позади его.

23.4.1.2.5 Испытательные импульсы

При испытаниях должны использоваться импульсы напряжения А или D, представленные на рисунке 23-3. Если ток разряда высоковольтного генератора выходит за пределы типичного тока лидера, составляющего несколько тысяч ампер, то он может вызывать нереалистичные эффекты, изучение которых не входит в задачи настоящего испытания.

23.4.1.2.6 Измерения и регистрация данных

При испытаниях контактом исходного лидера должны производиться следующие измерения и регистрация данных:

- фотографирование и описание всех испытательных установок;
- построение кривых форм испытательных импульсов напряжения и тока;
- фотографирование всех высоковольтных разрядов. Оно должно полностью охватывать поверхность испытываемого объекта. Одна из камер должна позволять

немедленно производить предварительный анализ испытания для того, чтобы сразу же выявить места пробоя до проведения дополнительного испытания;

- фотографирование электрода во всех конфигурациях;
- фотографирование мест пробоя и других существенных последствий;
- регистрация данных окружающей среды в лаборатории (таких, как температура, давление и влажность), даты проведения испытания, персонала, выполнявшего испытание и присутствовавшего при испытании, и места проведения испытания;
- регистрация любых отклонений от методики испытаний;
- регистрация результатов каждого разряда, в которых должна быть указана полярность, амплитуда напряжения и форма импульса.

23.4.1.2.7 Методика испытаний

Испытание контактом исходного лидера должны выполняться по следующей методике:

- a.** Измерить условия окружающей среды в лаборатории.
- b.** Рассмотреть и реализовать меры безопасности. Особое внимание следует обратить на следующие мероприятия:
 - до заряда испытательного оборудования площадка для испытаний должна быть освобождена от персонала;
 - батареи конденсаторов должны быть замкнуты накоротко после испытания и перед приходом персонала в область испытаний;
 - должна быть предусмотрена соответствующая защита глаз и ушей.
- c.** Калибровать высоковольтный генератор и приборы в следующем порядке:
 1. Тщательно осмотреть испытываемый объект и убедиться в отсутствии поверхностных дефектов, которые могут быть ошибочно приняты за последствия испытаний; при наличии дефектов отметить их.
 2. Набросить на испытываемый объект металлическую фольгу и соединить фольгу с землей.
 3. Выбрать исходную полярность и начать испытание с фольги, измеряя приложенное напряжение. Рекомендуется, чтобы исходная полярность испытываемого объекта была положительной (+).
 4. Если форма импульса не соответствует требованиям, произвести регулировку параметров генератора или положения электрода, чтобы получить заданную форму импульса.
 5. При необходимости повторить этапы калибровки для получения требуемых условий.
 6. Снять фольгу с испытываемого объекта.
- d.** Произвести чистку испытываемого объекта по соответствующей методике для удаления пыли, обломков и других загрязнений, которые могут повлиять на результаты испытания.
- e.** Подать разряд на испытываемый объект, измеряя приложенное напряжение и производя фотографирование, свидетельствующее о пути прохождения перекрытия дугой. Разряд должен происходить на возрастающей части импульса до максимального значения напряжения. Для обеспечения достоверности испытания необходимо выполнить три условия:
 - внешний электрод должен находиться на расстоянии не менее 1 метра от ближайшего проводящего элемента (внутри или снаружи испытываемого объекта);
 - соединения стримеров должны происходить в воздухе в стороне от испытываемого объекта (это должно подтверждаться фотографиями перекрытий дугой);
 - лидер, присоединенный от внешнего электрода, не должен исходить из кромки электрода.
- f.** Снять заряд с испытываемого объекта штангой заземления.
- g.** Проверить испытанный объект и зафиксировать результаты проверки в документе. Для выявления мест небольших пробоев, которые трудно обнаружить невооруженным глазом, удобно использовать трансформатор Тесла. При выявлении пробоя **ПРОИЗВЕДИТЕ ОЦЕНКУ СООТВЕТСТВИЯ ИСПЫТЫВАЕМОГО ОБРАЗЦА ДЕЙСТВУЮЩИМ НТД НА**

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ. Если считается, что испытываемый объект не соответствует НТД на характеристики оборудования, то может оказаться, что цикл испытаний необходимо закончить.

h. Повторить шаги с (е) до (g), как минимум, при двух высоковольтных разрядах на испытываемый объект.

ПРИМЕЧАНИЕ – Поскольку диэлектрические свойства испытываемого объекта могут постепенно ухудшаться, полное число разрядов при любой комбинации положений высоковольтного электрода и испытываемого объекта должно быть ограничено двумя (2).

i. Изменить полярность высоковольтного генератора.

j. Повторить шаги, начиная с (е) до (h).

k. Изменить положение высоковольтного электрода и испытываемого объекта в соответствии с планом испытаний.

l. Повторить шаги с (е) по (k) согласно плану испытаний.

23.4.1.2.8 Интерпретация данных

После испытаний должна быть проведена подробная оценка проверенного образца.
НЕОБХОДИМО ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ДЕЙСТВУЮЩИМ НТД НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ.

23.4.1.3 Испытания контактом перемещающегося молниевых канала

23.4.1.3.1 Цель испытаний

Данное испытание относится к оборудованию категорий 1С, 2А, 2В и 3N, установленных для проверки физических повреждений, вызванных сильными токами. Испытание используется для определения возможных мест контакта молнии с испытываемым объектом; в случаях испытаний оборудования с покрытием из диэлектрика оно применяется для определения канала пробоя по поверхности покрытия или сквозь покрытие из диэлектрика.

23.4.1.3.2 Объект испытаний

Объектом испытаний должен служить заводской образец оборудования, выпущенный производственной линией, или репрезентативный опытный образец. Испытываемое изделие должно быть указано в плане испытаний.

23.4.1.3.3 Испытательная арматура

Объект испытаний должен быть установлен в испытательной арматуре, которая отражает реальную или планируемую установку оборудования. Испытательная арматура должна быть указана в плане испытаний.

23.4.1.3.4 Испытательная установка

Схема типовой испытательной установки, на которой показано положение испытываемого объекта и типового электрода, приведена на рисунке 23-5. Испытания больших объектов, размером порядка 0,25 м и более, обычно проводятся при различных положениях электрода, как показано на рисунке 23-6.

При монтаже установки для испытания контактом перемещающегося канала необходимо выполнить следующие шаги:

a. Смонтировать испытываемый объект на испытательной арматуре. Обеспечить соответствие электрического соединения объекта с арматурой реальному или планируемому соединению.

b. Установить испытываемый объект и арматуру на заземленном экране.

с. Обеспечить электрическое соединение всех проводящих наружных и внутренних деталей испытываемого образца, которые в обычных условиях соединены с корпусом летательного аппарата, с заземленным экраном в соответствии с планом испытаний.

д. Присоединить выход высоковольтного генератора к высоковольтному электроду. Электрод должен иметь форму, представленную на рисунке 23-7.

е. Установить датчики и регистрирующее оборудование. К ним относятся высоковольтный делитель, регистрирующий осциллограф и камеры для фотосъемки вспышек. Могут использоваться и дополнительные приборы для измерения тока разряда и фотографирования стримеров, образующихся внутри объекта и позади него.

23.4.1.3.5 Испытательные импульсы

При испытаниях должны использоваться импульсы напряжения А, представленные на рисунке 23-2.

23.4.1.3.6 Измерения и регистрация данных

При испытаниях контактом перемещающегося канала должны производиться следующие измерения и регистрация данных:

- фотографирование и описание всех испытательных установок и положений электрода;
- фотографирование процесса всех испытаний. Камеры должны охватывать испытываемый объект в диапазоне углов, равном 360° . Одна из камер должна позволять немедленно производить предварительный анализ испытания для того, чтобы сразу же выявить места пробоя до проведения дополнительного испытания;
- фотографирование мест пробоя и других существенных последствий;
- регистрация данных окружающей среды в лаборатории (таких, как температура, давление и влажность), даты проведения испытания, персонала, выполнявшего испытание и присутствовавшего при испытании, и места проведения испытания;
- регистрация любых отклонений от методики испытаний;
- регистрация результатов каждого разряда, в которых должна быть указана полярность, амплитуда напряжения и форма импульса.

23.4.1.3.7 Методика испытаний

Испытание контактом перемещающегося канала должны выполняться по следующей методике:

а. Измерить условия окружающей среды в лаборатории.

б. Рассмотреть и реализовать меры безопасности. Особое внимание следует обратить на следующие мероприятия:

- до заряда испытательного оборудования площадка для испытаний должна быть освобождена от персонала;
- батареи конденсаторов должны быть замкнуты накоротко после испытания и перед приходом персонала в область испытаний;
- должна быть предусмотрена соответствующая защита глаз и ушей.

с. Тщательно осмотреть испытываемый объект и убедиться в отсутствии поверхностных дефектов, которые могут быть ошибочно приняты за последствия испытаний; при наличии дефектов отметить их.

д. Калибровать высоковольтный генератор и приборы в следующем порядке:

1. Определить требуемое испытательное напряжение, равное величине 140 кВ/м, умноженной на дистанцию перемещения. Дистанция перемещения(ий) должна быть указана в плане испытаний (см. рисунк 23-5 и рисунк 23-6). Если дистанция перемещения равна 0,5 м или менее, то требуемое испытательное напряжение

должно равняться 70 кВ. Высоковольтный генератор должен быть настроен для формирования импульса напряжения А.

2. Установить зазор между шарами (g), показанный на рисунке 23-5, так, чтобы искра появлялась при напряжении, равном 120 – 130% от требуемого испытательного напряжения. Управлять высоковольтным генератором так, чтобы перекрытие дугой происходило в промежутке между шарами. Искра в промежутке между шарами должна возникать на переднем фронте импульса А. Зарегистрировать напряжение пробоя в промежутке между шарами. При необходимости произвести регулировку промежутка, чтобы пробой происходил при напряжении, равном 120 – 130% от требуемого испытательного напряжения, и повторно определить напряжение пробоя. Если форма импульса отличается от требуемой, произвести регулировку параметров генератора или расстояния до электрода для получения заданной формы импульса.
3. Присоединить выход высоковольтного генератора к высоковольтному испытательному электроду. Электрод должен иметь форму, представленную на рисунке 23-7.
4. Установить испытываемый объект под электродом так, чтобы электрод находился над одним из проверяемых мест. Все положения электрода над испытываемым объектом должны быть указаны в плане испытаний. Заземлить испытываемый объект, присоединив его к обратному проводу высоковольтного генератора. Поместить лист металлической фольги над испытываемым объектом и заземлить лист, присоединив его к обратному проводу высоковольтного генератора. Электрод должен находиться на расстоянии, не превышающем 50 мм, от поверхности испытываемого объекта (d).
5. Привести в действие высоковольтный генератор. Зарегистрировать напряжение пробоя испытательного электрода. При заданных испытательных напряжениях ниже 140 кВ может потребоваться уменьшить промежуток (d) для того, чтобы пробой электрода происходил при требуемом испытательном напряжении $(^{+10}_{-0,0})\%$. При необходимости повторно определить напряжение пробоя электрода. Максимальное расстояние между электродом и испытываемым объектом должно быть 50 мм.
6. Снять металлическую фольгу с испытываемого объекта.
- e. Произвести чистку испытываемого объекта по соответствующей методике для удаления пыли, обломков и других загрязнений, которые могут повлиять на результаты испытания.
- f. Подать испытательное напряжение на электрод, измеряя его величину и фотографируя все появляющиеся перекрытия дугой.

ПРИМЕЧАНИЕ – Отсутствие перекрытий на испытываемый объект свидетельствует об успешном проведении испытания. Оно означает, что изоляция поверхностей испытываемого объекта может успешно выдерживать напряжение канала молнии.

g. Проверить испытанный объект и зафиксировать результаты проверки в документе. Отметить и сфотографировать все места пробоев и других воздействий на испытанный объект. При выявлении пробоя **ПРОИЗВЕДИТЕ ОЦЕНКУ СООТВЕТСТВИЯ ИСПЫТЫВАЕМОГО ОБРАЗЦА ДЕЙСТВУЮЩИМ НТД НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ**. Если считается, что испытываемый объект не соответствует НТД на характеристики оборудования, то может оказаться, что цикл испытаний необходимо закончить.

h. Повторить шаги с (e) до (g), как минимум, при двух высоковольтных разрядах на испытываемый объект.

ПРИМЕЧАНИЕ – Поскольку диэлектрические свойства испытываемого объекта могут постепенно ухудшаться, полное число разрядов при любой комбинации положений высоковольтного электрода и испытываемого объекта должно быть ограничено двумя (2).

i. Изменить полярность высоковольтного генератора.

ж. Повторить шаги, начиная с (d) до (h).

к. Изменить положение высоковольтного электрода и испытываемого объекта в соответствии с планом испытания.

л. Повторить шаги, начиная с (d) до (к), в соответствии с планом испытаний.

м. Допускается проводить испытания импульсом напряжения формы А с электродом, установленным в центре диэлектрической поверхности на расстоянии 50 мм от поверхности при напряжении генератора, достаточным для пробоя вдоль поверхности диэлектрика

23.4.1.3.8 Интерпретация данных

После испытаний должна быть проведена подробная оценка проверенного образца. НЕОБХОДИМО ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ДЕЙСТВУЮЩИМ НТД НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ.

23.4.2 Проверка повреждений, вызванных сильным током

23.4.2.1 Испытательные импульсы сильного тока

Компоненты тока для каждой категории должны соответствовать указанным в таблице 23-2.

Таблица 23-2 – Компоненты сильного тока

Категория проверки физических повреждений, вызванных сильным током	Тип испытаний	Импульсы сильного тока						
		A	A _h	A/5	B	C*	C	D
1A	Воздействие дуги (23.4.2.2)	X			X	X		
1B	Воздействие дуги (23.4.2.2)	X			X		X	X
1C	Воздействие дуги (23.4.2.2)		X		X	X		
2A	Воздействие дуги (23.4.2.2)				X	X		X ¹
2B	Воздействие дуги (23.4.2.2)				X		X	X ¹
3N	Воздействие дуги (23.4.2.2)			X	X	X		
Примечание 1 – Компонент D должен подаваться первым.								

Для проверки естественная среда молнии имитируется компонентами тока A, A_h, A/5, B, C*, C и D. Каждый компонент отражает различные характеристики тока во вспышке молнии. При проведении испытаний выбор импульсов для соответствующей категории производится с помощью таблицы 23-2. Импульсы должны подаваться индивидуально или в одновременной комбинации из двух и более компонентов.

Компонент A – ток первого возвратного удара молнии

Компонент A имеет пиковую амплитуду, равную $(200 \pm 10\%)$ кА, и интеграл действия, равный $2 \times 10^6 \text{ A}^2\text{s} \pm 20\%$; полное время действия импульса до величины, равной 1% от пикового значения, не превышает 500 мкс. Импульс испытательного тока может быть однополярным или иметь колебательный характер. Время возрастания тока от 10 до 90 % величины пикового тока не должно превышать 50 мкс.

Компонент A_h – ток переходной зоны

Компонент A_h имеет пиковую амплитуду, равную $(150 \pm 10\%)$ кА, и интеграл действия, равный $0,8 \times 10^6 \text{ A}^2\text{s} \pm 20\%$; полное время действия импульса до величины, равной 1% от

пикового значения, не превышает 500 мкс. Импульс испытательного тока может быть однополярным или иметь колебательный характер. Время возрастания тока от 10 до 90 % величины пикового тока не должно превышать 50 мкс.

Компонент А/5 – ток дуги в зоне 3

Компонент А/5 имеет пиковую амплитуду, равную $(40 \pm 10\%)$ кА, и интеграл действия, равный $0,08 \times 10^6 \text{ A}^2\text{s} \pm 20\%$; полное время действия импульса до величины, равной 1% от пикового значения, не превышает 500 мкс. Импульс испытательного тока может быть однополярным или иметь колебательный характер. Время возрастания тока от 10 до 90 % величины пикового тока не должно превышать 50 мкс.

Компонент В – промежуточный ток

Компонент В имеет усредненную амплитуду, равную $(2 \pm 20\%)$ кА, обеспечивая перенос заряда силой $(10 \pm 10\%)$ Кл за время $(5 \pm 10\%)$ мс. Импульс испытательного тока должен быть однополярным; он может иметь прямоугольную форму либо спадать по экспоненциальному или линейному закону.

Компонент С – продолжительный ток

Компонент С обеспечивает перенос заряда силой $(200 \pm 20\%)$ Кл за время от 0,25 до 1,0 с. Импульс испытательного тока должен быть однополярным; он может иметь прямоугольную форму либо спадать по экспоненциальному или линейному закону; его усредненная амплитуда должна составлять от 200 до 800 А.

Компонент С* – продолжительный ток в зонах перемещения канала при малых задержках

Компонент С* обеспечивает перенос заряда силой $(18 \pm 20\%)$ Кл за время $(45 \pm 20\%)$ мс. Импульс испытательного тока должен быть однополярным; он может иметь прямоугольную форму либо спадать по экспоненциальному или линейному закону; его усредненная амплитуда должна быть не менее 400 А.

Компонент D – ток повторного удара молнии

Компонент D имеет пиковую амплитуду, равную $(100 \pm 10\%)$ кА, и интеграл действия, равный $0,25 \times 10^6 \text{ A}^2\text{s} \pm 20\%$. Данный компонент может быть однополярным или иметь колебательный характер; полное время действия импульса до величины, равной 1% от пикового значения, не превышает 500 мкс. Время возрастания тока от 10 до 90 % величины пикового тока не должно превышать 25 мкс.

23.4.2.2 Испытание воздействием дуги

23.4.2.2.1 Цель испытаний

Данное испытание относится к оборудованию категорий 1А, 1В, 1С, 2А, 2В и 3N, установленных для проверки физических повреждений, вызванных сильными токами. Испытание используется для определения повреждения оборудования, которое может подвергаться воздействию непосредственной инъекции тока молнии. Для определения источников воспламенения компонентов топливной системы должны проводиться дополнительные испытания по методикам, указанным в 23.4.3.2. Оборудование с электрическими цепями, в которые могут инъектироваться переходные напряжения при прямом воздействии молнии, должны проходить дополнительные испытания по методикам, указанным в 23.4.3.3.

23.4.2.2.2 Объект испытаний

Объектом испытаний должен служить заводской образец оборудования, выпущенный производственной линией, или репрезентативный опытный образец. Испытываемое изделие должно быть указано в плане испытаний.

23.4.2.2.3 Испытательная арматура

Объект испытаний должен быть установлен в испытательной арматуре, которая отражает реальную или планируемую установку оборудования. Испытательная арматура должна быть указана в плане испытаний.

23.4.2.2.4 Испытательная установка

Для монтажа установки для испытания воздействием дуги необходимо выполнить следующие шаги:

- а. Смонтировать испытываемый объект на испытательной арматуре.
- б. Присоединить обратный провод генератора к испытательной аппаратуре в соответствии с планом испытаний. Токи молнии должны выводиться из испытываемого объекта таким же образом, как при ударе молнии в самолет.
- в. Ориентировать испытательный электрод так, чтобы проводящая часть электрода находилась на расстоянии 50 мм и более над областью испытываемого объекта, подвергающейся оценке. При большинстве испытаний воздействием дуги должен применяться электрод "с отклонением струи", показанный на рисунке 23-8. У электрода этого типа все поверхности, обращенные к испытываемому объекту, покрыты изоляционным материалом, поэтому дуга должна инициироваться на поверхности, удаленной от испытываемого объекта. Расстояние от объекта до ближайшей непроводящей части электрода должно быть не менее 25 мм. Если не обращать внимания на влияние взрывной или ударной волны, то можно применять электрод в виде стержня диаметром 50 мм и более с закругленным наконечником. Электрод должен иметь возможность пропускать требуемые испытательные токи.
- д. Для направления дуги в интересующую точку испытываемого объекта, по желанию, можно использовать тонкую металлическую проволоку диаметром, не превышающим 0,1 мм. Этот метод полезно использовать при работе с генераторами, имеющими низкое напряжение.
- е. Установить датчики и регистрирующее оборудование.

23.4.2.2.5 Испытательные импульсы

При испытаниях должно использоваться подмножество импульсов тока A , A_h , $A/5$, B , C , C^* и D в зависимости от категории испытаний (см. таблицу 23-2).

23.4.2.2.6 Измерения и регистрация данных

При испытаниях воздействием дуги должны производиться следующие измерения и регистрация данных:

- фотографирование и описание испытательной установки;
- фотографирование испытываемого объекта как до, так и после каждого разряда;
- фотографирование и описание повреждений испытываемого объекта;
- регистрация данных окружающей среды в лаборатории (таких как температура, давление и влажность), даты проведения испытания, персонала, выполнявшего испытание и присутствовавшего при испытании, и места проведения испытания;
- регистрация любых отклонений от методики испытаний;
- регистрация результатов каждого разряда, в которых должно быть указана полярность, амплитуда тока, форма импульса, интеграл действия и перенесенный заряд в соответствующих точках испытаний;
- регистрация переходных изменений напряжения и/или тока в электрических проводниках, связанных с испытываемым объектом (если это требуется планом испытаний).

23.4.2.2.7 Методика испытаний

Испытание воздействием дуги должны выполняться по следующей методике:

- a. Зарегистрировать условия окружающей среды в лаборатории.
- b. Рассмотреть и реализовать меры безопасности в лаборатории.
- c. Произвести проверку генератора сильных токов, цепи разряда, датчиков и регистрирующей аппаратуры в следующем порядке:
 1. Установить макет испытываемого объекта в испытательной арматуре под электродом или поместить полосу из проводящего материала над реальным испытываемым объектом так, чтобы импульс проверочного разряда не мог повредить объект. Макет испытываемого объекта и полоса из проводящего материала по своим размерам и проводимости должны примерно совпадать с испытываемым объектом.
 2. Присоединить испытательную арматуру или полосу к обратному проводу генератора.
 3. Инициировать разряд на макет объекта/полосу, измеряя приложенные импульсы тока.
 4. Если уровень тока или формы импульсов отличаются от требуемых, произвести регулировку параметров генератора.
 5. В случае необходимости повторить шаги 3 – 4 для получения требуемого уровня тока и формы импульсов.
 6. Снять макет испытываемого объекта или полосу. Вставить испытываемый объект в испытательную арматуру.
- d. Инициировать разряд на испытываемый объект.
- e. Осмотреть испытанный объект и зафиксировать результаты осмотра.
- f. При необходимости переставить электрод в новое положение и повторить шаги от (d) до (e).

23.4.2.2.8 Интерпретация данных

После испытаний должна быть проведена подробная оценка проверенного объекта. НЕОБХОДИМО ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ДЕЙСТВУЮЩИМ НТД НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ.

23.4.3 Требования к дополнительным испытаниям

23.4.3.1 Установленное снаружи оборудование топливной системы

Установленное снаружи оборудование топливной системы, такое как крышки заправочных горловин и магнитные индикаторы уровня жидкости, требуют дополнительных методов проверки, подтверждающих, что это оборудование не создает источников воспламенения с энергией, равной или превышающей 200 мкДж. Изложенные ниже методы распространяются на все категории испытаний, установленные для проверки повреждений, вызванных сильными токами.

23.4.3.2 Методы обнаружения источников воспламенения

Источники воспламенения с энергией равной или превышающей 200 мкДж могут быть обнаружены методом фотографирования или с помощью чувствительной воспламеняющейся смеси топлива. Проверки физических повреждений, вызванных сильными токами, которые требуют обнаружения источников воспламенения, должны выполняться по методикам, указанным в 23.4.2.2 и дополненным одной или двумя методиками обнаружения источников воспламенения, рассмотренным ниже.

23.4.3.2.1 Метод фотографирования

23.4.3.2.1.1 Цель испытаний

При данном методе фотографирование используется для обнаружения источников воспламенения в виде электрической искры (искры, вызванной высоким напряжением) или тепловой искры (электрической дуги), возникающих при испытаниях компонентов топливной системы воздействием сильных токов. Данный метод может применяться только тогда, когда все углы испытываемого объекта доступны для наблюдения. Когда все углы не видны или когда части сложной конструкции создают препятствия для наблюдения, должна использоваться комбинация метода фотографирования и проверки воспламеняющейся смесью топлива. Метод фотографирования должен иметь возможность обнаруживать электрические искры с энергией 200 мкДж. Искры, вызванные термическим воздействием и представляющие такую же опасность, дают больше света, и поэтому обнаруживаются легче, чем искры, вызванные высоким напряжением и имеющие энергию 200 мкДж.

Метод фотографирования имеет ряд преимуществ, включая простоту испытательной установки и постоянную регистрацию процесса испытаний, которая может использоваться для установления происхождения источника воспламенения, что окажет помощь при анализе отказов.

23.4.3.2.1.2 Испытательное оборудование

а. Камера и пленка

При данном методе могут применяться пленки 35 мм и Поляроид. Должно быть показано, что комбинация камеры и пленки имеет достаточную чувствительность для обнаружения искры с энергией 200 мкДж, вызванной высоким напряжением. Этим требованиям удовлетворяет скоростная черно-белая пленка чувствительностью 3000ASA (617), экспонированная через объектив с фокусным расстоянием F4,7 (без фильтра), при расстоянии до потенциального источника воспламенения, не превышающем 1,5 м (включая дистанцию зеркального отражения). Должно быть показано, что пленка 35 мм имеет достаточную чувствительность для искры с энергией 200 мкДж, вызванной высоким напряжением, обладая мелкой зернистостью, позволяющей выявить искру при выбранном типе объектива. При проявлении необходимо соблюдать зависимость "время – температура", рекомендованную изготовителем пленки. Нельзя использовать пленку с просроченной годностью.

Допустимо применение с матрицей не менее 8-10 Мегапикселей. Предварительно прокалброванной на регистрацию искры с энергией 200 мкДж.

б. Зеркала

Во время испытаний может оказаться необходимым наблюдать за различными углами испытываемого объекта. Это можно сделать с помощью зеркал на фронтальной плоскости, минимизируя при этом потери на отражение, которые могут изменить чувствительность камер. Обычно достаточно одной поверхности отражения. При использовании одного или нескольких зеркал общие потери на отражение должны быть менее 15 %.

с. Светонепроницаемая испытательная камера

Фотографический метод требует применения светонепроницаемой испытательной камеры, позволяющей держать открытым апертуру камеры во время разряда испытательным током молнии. Должен быть предусмотрен контрольный светодиод или небольшой источник света для помощи при определении положения источников воспламенения и для подтверждения открытого состояния створок камеры во время испытания.

23.4.3.2.1.3 Методика испытаний

а. Установка камер. Обеспечить фокусировку всех камер и возможность видимости всех потенциальных источников света.

b. Предварительное фотографирование. Сфотографировать освещенный испытываемый объект для облегчения поиска мест искрения во время испытаний.

c. Убедиться в том, что установка является достаточно светонепроницаемой и что какое-либо искрение в соединениях стенда не будет мешать обнаружению опасного искрения на испытываемом объекте.

d. Открыть створки камеры и затем выполнить разряд сильным током в соответствии с 23.4.2.2.

e. Перед закрытием створок фотографической камеры включить слабый источник света внутри испытательного блока для того, чтобы убедиться в том, что створки были открыты во время испытания. Закрыть створки.

f. Проверить пленку с целью обнаружения источников воспламенения. У пленки Поляроид наиболее чувствительным является отрицательный отпечаток, поэтому его нужно рассматривать в первую очередь. Любое световое пятно является признаком возможного источника воспламенения топлива. Применение двух или трех камер помогает исключить влияние возможных дефектов пленки, которые могут восприниматься как источники света.

23.4.3.2.1.4 Требования к данным

При использовании фотографического метода предъявляются дополнительные требования к регистрации следующих данных:

- настроек камеры, типов пленки и изготовителей пленки, используемых при испытании;
- измеренного расстояния от фотографической камеры до испытываемого объекта;
- измеренных потерь отражения в зеркале;
- если характеристики фотографического метода выходят за пределы, установленные приведенными выше руководящими указаниями, необходимо подтвердить чувствительность метода к искрам, вызванным высоким напряжением, с энергией, равной 200 мкДж, путем проверки с использованием источника, имеющего контролируемую энергию воспламенения 200 мкДж, для калибровки скорости пленки, апертуры, отражающих поверхностей и расстояния до плоскости пленки в фотографической камере.

23.4.3.2.2 Метод испытаний воспламеняющейся смесью (горючим газом)

23.4.3.2.2.1 Цель испытаний

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ – Испытания с использованием смесей воспламеняющихся газов опасны, поэтому при их проведении необходимо принимать меры предосторожности.

Этот метод может использоваться для обнаружения потенциальных источников воспламенения в качестве альтернативного или дополняющего по отношению к фотографическому методу. Метод испытаний воспламеняющейся смесью является предпочтительным в случаях, когда возможно появление неустановившихся горячих точек. Этот метод следует применять, когда конфигурация испытываемого объекта не позволяет удовлетворительно наблюдать за всеми возможными источниками воспламенения с помощью фотографических камер.

Для испытаний предпочтительной является смесь водорода, кислорода и аргона (5% водорода, 12% кислорода и 83% аргона). Подтвержденная вероятность воспламенения этой смеси при воздействии искры с энергией 200 мкДж, вызванной высоким напряжением, превышает 90%. Кроме того, при горении этой смеси выделяется очень малое количество энергии, что повышает безопасность испытаний и снижает требования к устройству сброса давления в испытательной камере. Водород не испускает видимый свет при горении, поэтому при испытаниях можно одновременно использовать фотографический метод, повышая доверие к результатам испытаний.

Если при испытаниях не происходит воспламенения смеси, то должна быть проведена проверка воспламеняющей способности смеси подачей в испытательную камеру искры с контролируемой энергией, не превышающей 200 кДж, сразу же после испытания на воздействие молнии. Если смесь не воспламенилась при воздействии искры с контролируемой энергией от источника напряжения, испытание на воздействие молнии должно считаться недействительным, и испытания с новой смесью должны повторяться до тех пор, пока смесь не воспламенится в ходе испытаний или при воздействии искры с контролируемой энергией.

Если возникают трудности при выполнении процедуры калибровки газа (23.4.3.2.2,a), требующей девяти воспламенений из десяти попыток при воздействии искры с энергией 200 мкДж, то должна быть произведена оценка источника искры с контролируемой энергией по установленной процедуре подтверждения энергии 200 мкДж, принимая во внимание, что на результаты могут повлиять температура, влажность, размеры зазора и чистота электродов.

Если доверие к источнику искры с контролируемой энергией подтверждено, то концентрация водорода в смеси водород/кислород/аргон может увеличиваться шагами по 0,5% (при сохранении стехиометрической концентрации 1,2) до тех пор, пока не будет выполнено требование девяти успешных воспламенений из десяти попыток. Концентрация водорода не должна превышать 7%.

Исходная смесь	Водород 5%	кислород 12%	аргон 83%
Содержание водорода повышено на 0,5%	5,5%	13,2%	81,3%
Содержание водорода повышено на 1,0%	6,0%	14,4%	79,6%
Содержание водорода повышено на 1,5%	6,5%	15,6%	77,9%
Содержание водорода повышено на 2,0%	7,0%	16,8%	76,2%

ВНИМАНИЕ! Используйте смесь с минимальной концентрацией водорода, необходимую для калибровки газа, требующей выполнения девяти воспламенений из десяти попыток при воздействии искры с энергией 200 мкДж. При концентрации водорода, равной 5%, плановая величина минимальной энергии воспламенения (MIE) равна 200 мкДж. Повышение концентрации водорода сверх этого уровня может привести к консервативным выводам.

23.4.3.2.2 Испытательное оборудование

а. Испытательная камера и система управления расходом

Испытательная камера должна иметь как можно меньший размер, чтобы минимизировать объем смеси газов и, вследствие этого, уменьшить энергию, выделяющуюся при воспламенении. Испытательная камера должна иметь разгрузочный клапан, позволяющий предотвращать рост давления и проверять воспламенение смеси. Заполнив и опорожнив испытательную камеру смесью газов пять раз, можно быть уверенным в том, что в объеме камеры имеется необходимый объем смеси. Система управления расходом необходима для контроля объема смеси газов, вводимых в испытательную камеру. Обычно поток сжатого газа регулируется массовыми расходомерами, которыми задается требуемый расход газа, подаваемого в испытательную камеру. Ниже приводится пример расчета расхода газа для смеси из 5% водорода, 12% кислорода и 83% аргона, и объема испытательной камеры, равного одному кубическому футу (28,3 л):

Для подачи газа объемом, равным пятикратному объему камеры, в течение 5 мин требуется расход, равный 28,3 стандартных литров в минуту (SLRM). Расходы компонентов смеси равняются: водород – 1,4 SLRM, кислород – 3,4 SLRM, аргон – 23,5 SLRM.

б. Источник искры с контролируемой энергией воспламенения

Источник искры с контролируемой энергией воспламенения необходим для проверки и измерения характеристик воспламенения смеси газов как перед испытательным разрядом молнии, так и после него. Этот контролируемый источник должен вызывать искру между двумя алюминиевыми электродами диаметром 3,2 мм, находящимися на расстоянии 1,5 – 2,0 мм друг от друга. Энергия искры не должна превышать 200 мкДж.

Одним из методов создания искры является разряд небольшого конденсатора через зазор. Энергию, выделившуюся в зазоре, можно подсчитать, базируясь на величине емкости конденсатора (C) и напряжении заряда (V). При этом предполагается, что вся энергия, запасенная в системе ($1/2 CV^2$), будет рассеиваться в дуге, которая занимает объем между двумя электродами. Для подтверждения справедливости этого предположения конденсатор и электроды, образующие зазор, должны быть связаны короткими силовыми проводниками с прочными соединениями. Например, в воздухе, в зазоре величиной 2 мм искра появляется при напряжении $(7,95 \pm 5\%)$ кВ. При этом напряжении емкости около 6 пФ достаточно для того, чтобы запастись энергией 200 мкДж, необходимую для оценки характеристик воспламеняемости газовой смеси. Реальное напряжение пробоя в смеси газов водород – кислород – аргон ниже, чем в воздухе. Поэтому для искры с энергией 200 мкДж емкость конденсатора должна быть выше.

На рисунке 23-9 показана примерная схема источника с контролируемой энергией воспламенения. Для предотвращения множественных разрядов постоянная времени заряда должна составлять несколько секунд, поэтому требуемое сопротивление резистора должно составлять примерно 150 гОм. Резисторы такой величины требуют, чтобы поддерживающая конструкция имела очень высокое сопротивление, в противном случае система не зарядится до уровня пробоя. Напряжение разряда в зазоре измеряется электростатическим вольтметром. Разделительные резисторы с сопротивлением 50 мОм между зазором и землей служат для того, чтобы только энергия, запасенная в вакуумном конденсаторе, поступала в зазор. Кроме того, используется источник короны для обеспечения постоянства напряжения пробоя в зазоре.

23.4.3.2.2.3 Методика испытаний

а. Методика калибровки газовой смеси

Перед проведением испытаний на воздействие молнии должна быть проверена и отражена в документации вероятность воспламенения газовой смеси в объеме испытательной камеры при подаче искры с минимальной энергией, равной 200 мкДж. Эта информация необходима для определения уровня доверия к результатам испытаний на воздействие молнии. Это калибровочное испытание проводится до монтажа испытываемого образца в камере.

1. Задать расход газа.
2. Визуально проверить наконечники электродов. Произвести чистку и полировку наконечников; проверить и установить требуемую величину зазора. Эту операцию нужно проводить только один раз за время программы испытаний.
3. Закрыть выпускное отверстие испытательной камеры.
4. Произвести регулировку источника напряжения для зажигания смеси с контролируемой энергией, установив энергию 200 мкДж.
5. Начать цикл калибровки заполнением камеры, в которую должен войти газ в количестве, равном 5 объемам камеры.
6. Произвести разряд источника напряжения с контролируемой энергией воспламенения и зарегистрировать напряжение пробоя, воспламенение смеси (да/нет), время испытания и расчетную величину поданной энергии.
7. Если воспламенения не произошло, ожидать в течение 2 мин и повторить подачу искры. После пяти попыток воспламенить смесь от источника с высокой энергией искры.
8. Повторить шаги испытания с 5 по 7 не менее девяти раз и зарегистрировать количество воспламенений для того, чтобы подтвердить, что газовая смесь воспламеняется не менее девяти раз из десяти последовательных попыток. Проверять величину зазора и периодически

производить полировку и чистку наконечников электродов. Проверять величину емкости в начале и в конце каждой последовательности испытаний.

б. Методика испытания на воздействие молнии

1. Задать расход газа.
2. Закрыть выпускное отверстие испытательной камеры.
3. Произвести регулировку контролируемого источника для воспламенения смеси, установив энергию 200 мкДж.
4. Начать цикл испытания заполнением камеры, в которую должен войти газ в количестве, равном 5 объемам камеры.
5. Собрать испытательную установку, предусмотренную методикой испытания на воздействие дуги, вызванной сильными токами (см. 23.4.2.2), и выполнять процедуры испытания путем разряда.
6. Если при разряде сильными токами происходило воспламенение газовой смеси, **ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ДЕЙСТВУЮЩИМ НТД НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ.**
7. Если при воздействии испытательных разрядов воспламенения смеси не наступило, использовать источник напряжения с контролируемой энергией воспламенения смеси для того, чтобы убедиться в том, что смесь является воспламеняющейся.
8. Если воспламенения от источника с контролируемой энергией искры не произошло, ожидать в течение 2 мин и повторить испытание. После пяти попыток воспламенить смесь от этого источника воспламените смесь от источника с высокой энергией искры. Если источник с контролируемой энергией искры не смог воспламенить смесь, результаты испытания считаются неудовлетворительными.
9. Повторять шаги с 1 по 8 при последующих испытаниях. Проверять величину зазора и периодически производить полировку и чистку наконечников электродов. Проверять величину емкости в начале и в конце каждой последовательности испытаний.

***ПРИМЕЧАНИЕ** – Если на одном и том же испытываемом образце планируется выполнять дополнительные испытания, то все эти испытания могут быть проведены до подачи искры от источника с контролируемой энергией. В случае, когда при последующем выполнении шагов (7) и (8) воспламенения смеси искрой от источника с контролируемой энергией не произошло, результаты всех испытаний данного образца должны рассматриваться не действительными. На протяжении всего испытания должен поддерживаться требуемый состав смеси внутри испытательной камеры.*

23.4.3.2.2.4 Требования к данным

При проведении испытаний воспламеняющейся смесью должны регистрироваться следующие данные:

- тип, класс и концентрация газов;
- расчет расхода;
- расчет вероятности воспламенения под действием искры с контролируемой энергией (т.е. результат десяти калибровочных воспламенений);
- результаты проверки величины энергии у источника искры с контролируемой энергией.

23.4.3.3 Измерения напряжений, индуктированных в наружной аппаратуре

23.4.3.3.1 Цель испытаний

Данный метод испытаний относится к оборудованию категорий 1А, 1В, 1С, 2А, 2В и 3N, установленных для проверки физических повреждений, вызванных сильными токами. Этим методом измеряется напряжение, появляющееся непосредственно на электрическом

соединителе испытываемого оборудования, когда оно подвергается воздействию тока молнии. Данная характеристика оборудования может использоваться для выбора типа соединителя и определения параметров устройств защиты оборудования, установленного внутри летательного аппарата и связанного с наружным оборудованием.

23.4.3.3.2 Объект испытаний

Объектом испытаний должен служить заводской образец оборудования, выпущенный производственной линией, или репрезентативный опытный образец. Конструкция, проводка и монтажные детали оборудования по своим электрическим характеристикам должны быть аналогичны соответствующим характеристикам планируемого промышленного образца. Испытываемый объект должен иметь такие монтажные детали, как прокладки, перемычки металлизации, элементы окраски и уплотнения. Испытываемое изделие должно быть указано в плане испытаний.

23.4.3.3.3 Испытательная арматура

Объект испытаний должен быть установлен в испытательной арматуре, которая отражает реальную или планируемую установку оборудования. Испытательная арматура должна быть указана в плане испытаний.

23.4.3.3.4 Испытательная установка

Для монтажа установки для измерения инжесктивированных переходных изменений параметров необходимо выполнить следующие шаги:

а. Смонтировать испытываемый объект на испытательной арматуре. Монтаж объекта на испытательной арматуре должен быть указан в плане испытаний. На рисунке 23-10 показана простая испытательная арматура.

б. Настроить генератор сильных токов в соответствии с требованиями, заданными для испытаний на воздействие дуги (см. 23.4.2.2).

Допускается выполнять измерения напряжения с уменьшенными в «К» раз амплитудами воздействующего тока на оборудование, не имеющее нелинейных элементов. С последующим умножением на «К» измеренного напряжения.

с. Установить датчики для измерения напряжения и регистрирующее оборудование. Регистрирующее оборудование должно иметь полосу частот, равную, как минимум, 30 МГц.

д. Обеспечить экранирование всех измерительных датчиков и регистрирующего оборудования для снижения уровня помех при измерениях. Для связи измерительных датчиков и регистрирующего оборудования должен использоваться экранированный кабель или волоконно-оптическая линия связи.

23.4.3.3.5 Измерения и регистрация данных

Для оценки инжесктивированных переходных изменений требуются следующие результаты измерений и регистрации данных:

- фотографии и описание испытательной установки;
- фотографии и описание датчиков для электрических цепей и проводки;
- фотографии испытываемого объекта как до, так и после каждого разряда;
- фотографии и описание повреждений испытываемого объекта;
- результаты регистрации данных окружающей среды в лаборатории (таких как температура, давление и влажность), даты проведения испытания, персонала, выполнявшего испытание и присутствовавшего при испытании, и места проведения испытания;
- записи о любых отклонениях от методики испытаний;
- результаты регистрации каждого разряда, в которых должны быть указаны полярность, амплитуда тока, форма импульса, интеграл действия и перенесенный заряд в соответствующих точках испытаний;

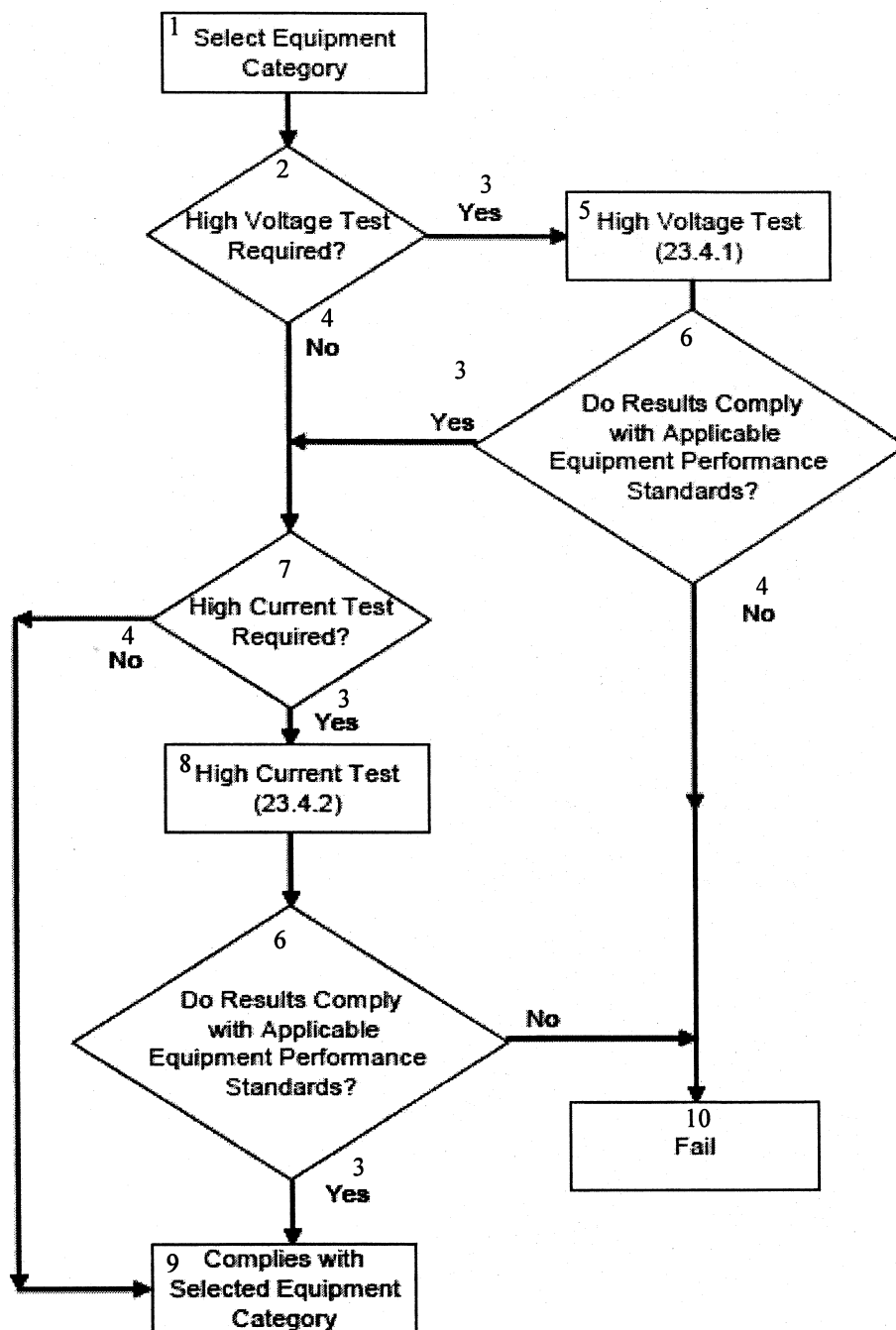
- результаты регистрации амплитуды и формы импульсов напряжения.

23.4.3.3.6 Методика испытаний

- а.** Измерить условия окружающей среды в лаборатории.
- б.** Рассмотреть и реализовать меры безопасности. Особое внимание следует обратить на следующие мероприятия:
 - до заряда испытательного оборудования площадка для испытаний должна быть освобождена от персонала; батареи конденсаторов должны быть замкнуты накоротко перед приходом персонала в область испытаний;
 - должна быть предусмотрена соответствующая защита глаз и ушей.
- с.** Произвести калибровку генератора и измерительных приборов в следующем порядке:
 1. Отсоединить высоковольтный провод генератора сильных токов от испытываемого объекта и присоединить его к полосе из проводящего материала, соединенной с точкой присоединения обратного провода генератора к испытываемому объекту. Материал полосы должен иметь свойства, аналогичные материалу испытываемого объекта.
 2. Инициировать разряд на полосу, измеряя форму импульса подаваемого тока и уровни тока, индуктируемого в электрических цепях измерительных приборов.
 3. Если уровень тока или форма импульса отличаются от заданных, произвести регулировку параметров генератора.
 4. Если уровни помех, индуктированных в цепях измерительных приборов, превышают ожидаемые величины, изменить схему измерений для снижения уровней помех.
 5. В случае необходимости повторить шаги с (2) по (5) для обеспечения требуемых условий испытаний.
- е.** Снять полосу и снова присоединить генератор к испытываемому объекту.
- ф.** Инициировать разряд на испытываемый объект в соответствии с 23.4.2.2 (воздействие дуги), измеряя при этом импульсы подаваемого тока и переходные напряжения в электрических проводах испытываемого объекта.
- г.** Произвести осмотр испытанного объекта и зафиксировать результаты осмотра в документе.

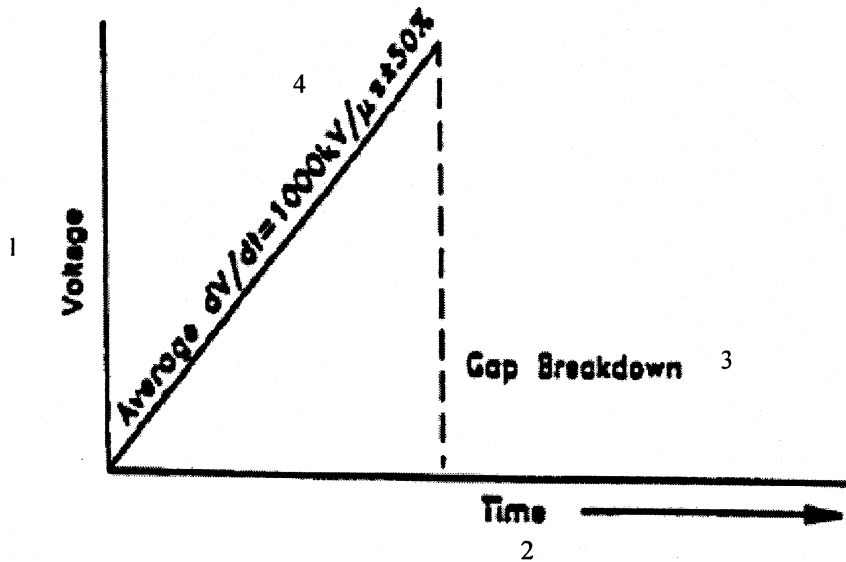
23.4.3.3.7 Интерпретация данных

НЕОБХОДИМО ПРОИЗВЕСТИ ОЦЕНКУ ИЗМЕРЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ ТОГО, ЧТОБЫ ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ДЕЙСТВУЮЩИМ НТД НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ.



1 – выбор категории оборудования; 2 – требуются ли высоковольтные испытания?; 3 – да; 4 – нет;
 5 – высоковольтное испытание (23.4.1); 6 – соответствуют ли результаты испытания действующим стандартам на характеристики оборудования?; 7 – требуются ли испытания сильными токами?; 8 – испытания сильными токами;
 9 – соответствует требованиям к выбранной категории оборудования; 10 – не соответствует

Рисунок 23-1 – Блок-схема высоковольтных испытаний и испытаний большими токами

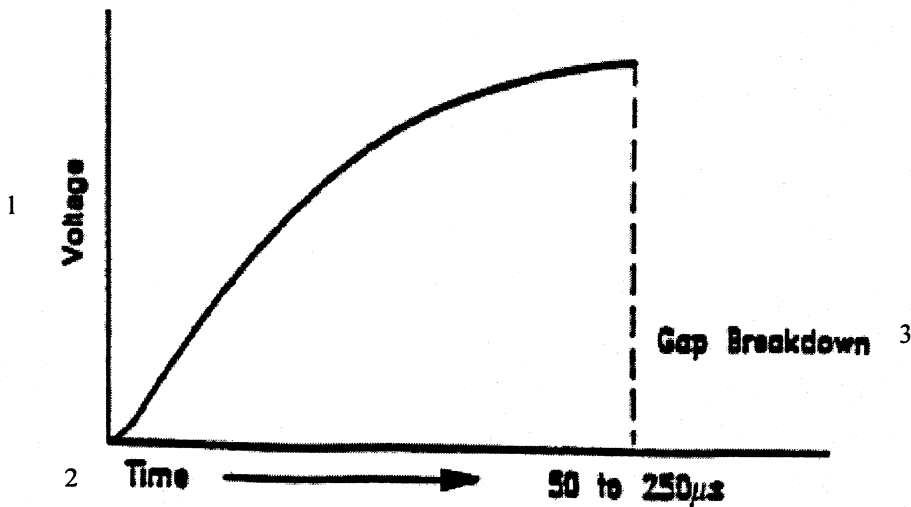


1 – напряжение; 2 – время; 3 – пробой промежутка; 4 - средняя величина $dV/dt = 1000 \text{ кВ/мкс} \pm 50\%$;

Требования к средней величине напряжения

Полная длина промежутка	Положительный электрод	Отрицательный электрод
0,5 м	750 кВ	790 кВ
1,0 м	1300 кВ	1400 кВ
1,5 м	2250 кВ	2400 кВ

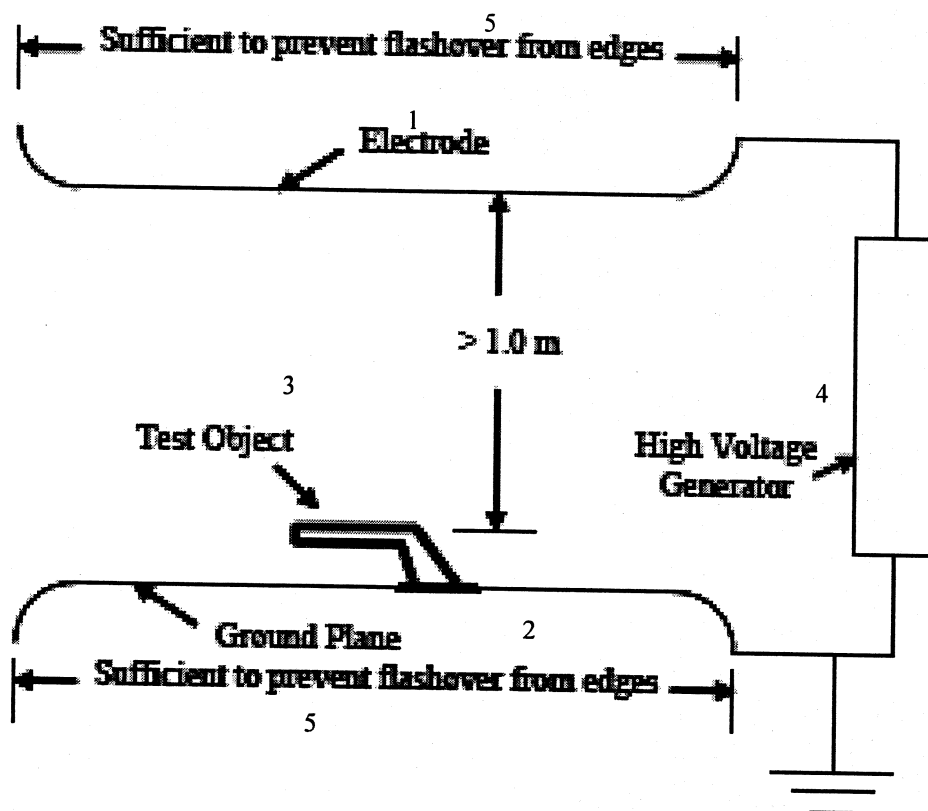
Рисунок 23-2 – Импульс напряжения А



1 – напряжение; 2 – время; 3 – пробой промежутка.

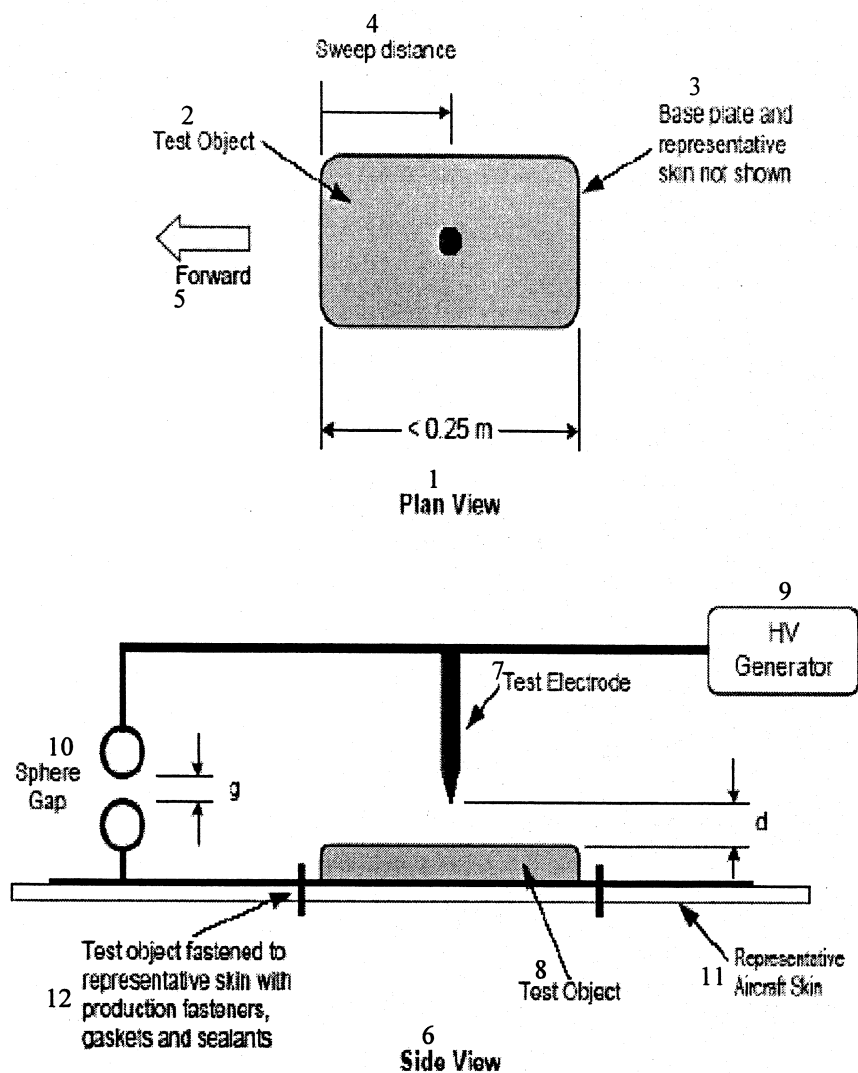
Полная длина промежутка	Положительный электрод	Отрицательный электрод
0,5 м	350 кВ	400 кВ
1,0 м	500 кВ	600 кВ
1,5 м	600 кВ	700 кВ

Рисунок 23-3 – Импульс напряжения D



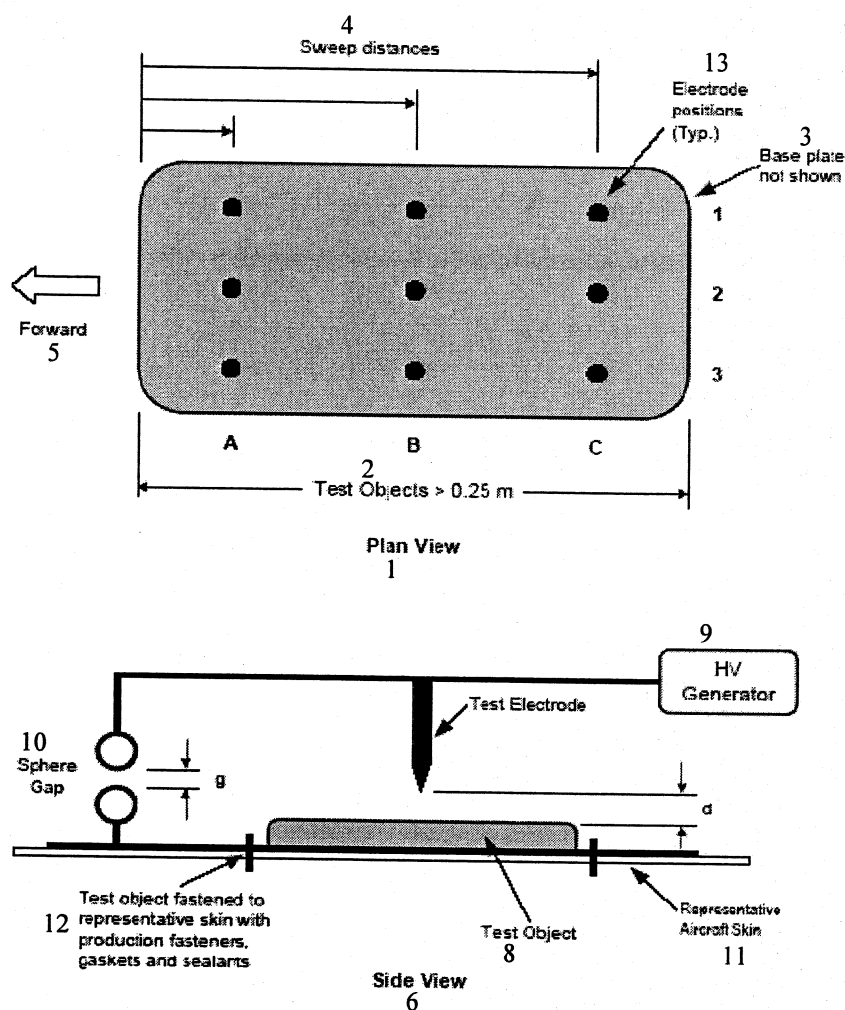
1 – электрод; 2 – заземленный экран; 3 – испытываемый объект; 4 – высоковольтный генератор; 5 – длина, достаточная для предотвращения перекрытий между кромками

Рисунок 23-4 – Установка для испытания контактом с исходным лидером



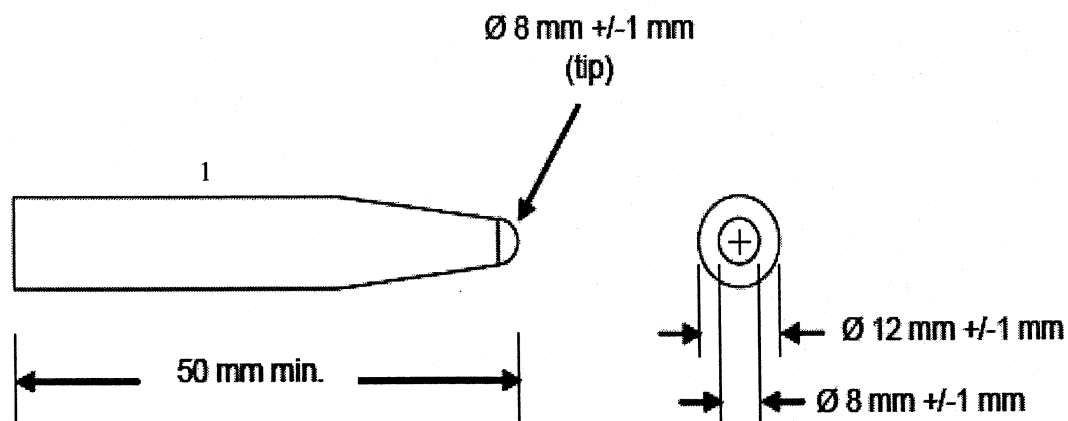
- 1 – вид сверху; 2 – испытываемый объект; 3 – пластина основания и эквивалент обшивки не показаны;
 4 – дистанция перемещения; 5 – вперед; 6 – вид сбоку; 7 – испытательный электрод;
 8 – испытываемый объект; 9 – высоковольтный генератор; 10 – зазор между шарами;
 11 – эквивалент обшивки самолета; 12 – испытываемый объект крепится к эквиваленту обшивки с помощью промышленных крепежных деталей, прокладок и элементов герметизации.

Рисунок 23-5 – Установка для испытания небольших объектов контактом с перемещающимся молниевым каналом



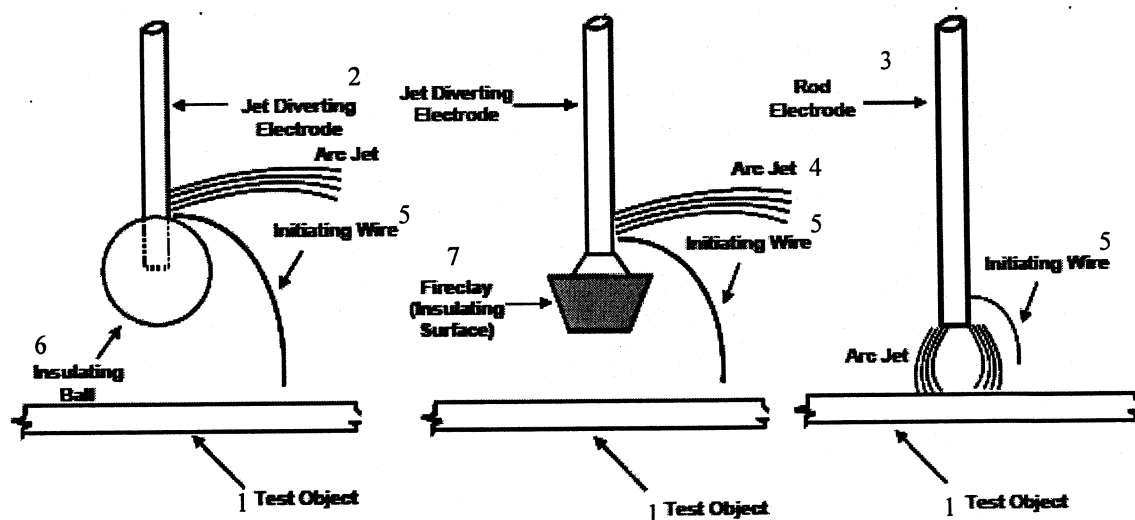
- 1 – вид сверху; 2 – испытываемый объект размером более 0,25 м; 3 – пластина основания не показана;
 4 – дистанция перемещения; 5 – вперед; 6 – вид сбоку; 7 – испытательный электрод;
 8 – испытываемый объект; 9 – высоковольтный генератор; 10 – зазор между шарами;
 11 – эквивалент обшивки самолета; 12 – испытываемый объект крепится к эквиваленту обшивки с помощью промышленных крепежных деталей, прокладок и элементов герметизации;
 13 – положения электрода (типовые)

Рисунок 23-6 – Установка для испытания больших объектов контактом с перемещающимся молниевым каналом



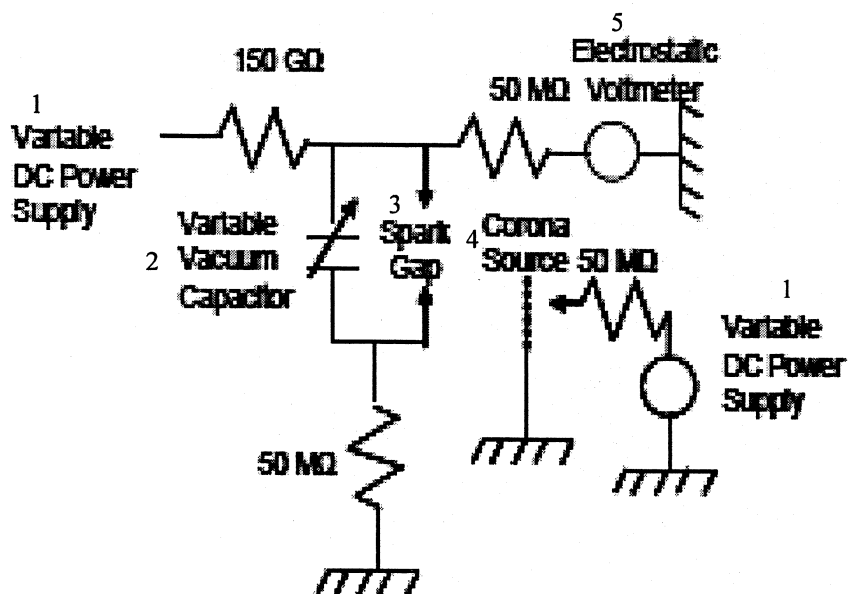
1- наконечник

Рисунок 23-7 – Электрод для испытания контактом с перемещающимся молниевым каналом



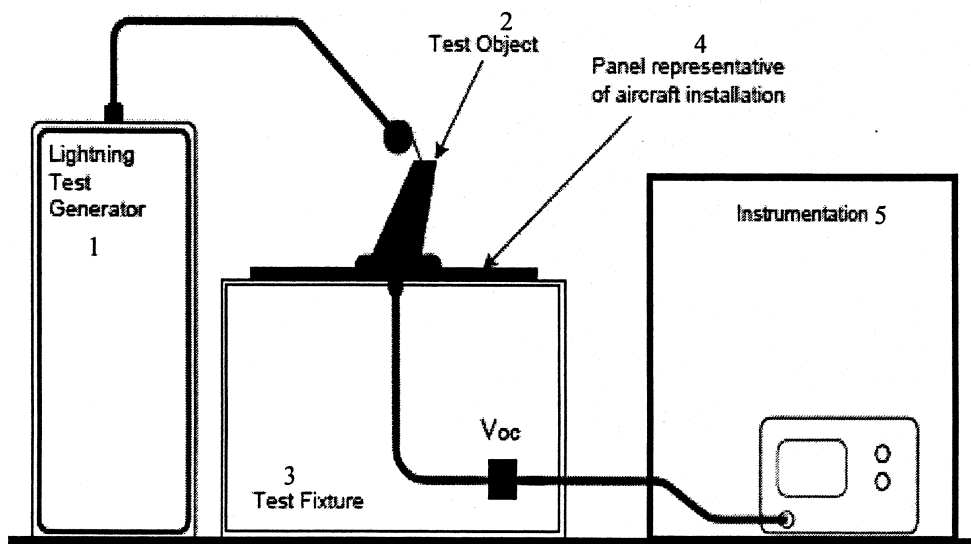
1 – испытываемый объект; 2 – электрод "с отклонением струи"; 3 – стержневой электрод; 4 – ствол дуги;
5 – иницирующий провод; 6 – изолирующий шар; 7 – огнеупорная глина (изолирующая поверхность)

Рисунок 23-8 – Типовые электроды для испытаний



1 – источник питания постоянным током с регулируемой величиной напряжения; 2 – вакуумный конденсатор с регулируемой емкостью; 3 – искровой промежуток; 4 – источник короны; 5 – электростатический вольтметр

Рисунок 23-9 – Источник искры для воспламенения с регулируемой энергией



1 – испытательный генератор молний; 2 – испытываемый объект; 3 – испытательная арматура; 4 – панель, имитирующая место крепления испытываемого объекта на самолете; 5 – измерительные приборы

Рисунок 23-10 – Типовая установка для измерений параметров инжектированных переходных процессов

КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

КТ-160G/14G

УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ БОРТОВОГО АВИАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Раздел 25

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЙ РАЗРЯД

КТ-160G/14G

Заменяет: КТ-160D

Дата выпуска: 2015г.

Подготовлен: РГ-ВВФ

Издан: НИИАО

25 Электростатический разряд

25.1 Область применения

Испытание на воздействие электростатического разряда имеет отношение к бортовому оборудованию, на которое могут действовать разряды статического электричества в результате контакта с человеком.

Испытание на воздействие электростатического разряда имеет отношение также к бортовому оборудованию, на которое могут действовать разряды статического электричества в результате электризации внешней поверхности наружных диэлектрических частей (фрагментов) самолета/вертолета. Например, электризация лобовых стекол кабины экипажа, диэлектрических передних кромок, светопрозрачных плафонов внешнего светотехнического оборудования и др. Интенсивная электризация наружных диэлектрических поверхностей с поверхностными разрядами статического электричества возможно в условиях низкой относительной влажности воздуха при полетах в облаках. Осадках и пылевых вихрях (например, при взлете на вертолете). Данное испытание применимо ко всему оборудованию, имеющему контакт с незранированными элементами и/или электроцепи под вышеуказанными диэлектрическими поверхностями самолета/вертолета.

К факторам, приводящим к электростатическому разряду, могут относиться: низкая относительная влажность, температура, использование ковровых покрытий (из искусственного волокна) с низкой проводимостью, виниловых сидений и пластмассовых конструкций, которые могут существовать во всех местах на ЛА. Данное испытание применимо ко всему оборудованию и всем поверхностям, доступным в ходе обычной эксплуатации и/или технического обслуживания ЛА. Данное испытание не относится к штырькам соединителя

25.2 Цель испытания

Испытание на электростатический разряд призвано определить устойчивость оборудования или его способность выполнять свою функцию без постоянного ухудшения характеристик вследствие действия электростатического импульса, создаваемого происходящим в воздухе разрядом.

25.3 Описание испытания

Устойчивость к электростатическому разряду должна определяться по способности испытываемого оборудования выдерживать последовательность электростатических импульсов при заданном уровне жесткости 15000 В в определенных местах контакта с человеком на этом оборудовании. Импульсов должно быть десять (10) как положительной, так и отрицательной полярности напряжения (10 импульсов положительного напряжения и 10 отрицательного) в каждой из заданных позиций. Схема испытаний приведена на рисунке 25-1.

25.4 Категории оборудования

Категория А – Электронное оборудование, которое устанавливается или используется во время нормальной эксплуатации и/или технического обслуживания летательного аппарата.

25.5 Методика испытаний

С питаемым энергией и работающим в нужном режиме оборудованием испытание на электростатический разряд будет проводиться в следующих условиях.

25.5.1 Испытательная схема

Испытываемое оборудование должно быть установлено так, как указано в 20.3 (а) (Общие требования к испытаниям). Подключить и ориентировать оборудование так, как указано на соответствующих чертежах или схемах установки и сопряжения. Следует позаботиться о соответствующей прокладке и заземлении кабельной проводки, связанной с генератором электростатического разряда, для сведения к минимуму возможности вторичного воздействия поля излучения от кабелей. Данное испытание призвано проверить первичное воздействие, которое представляет собой разряд от генератора на корпус испытываемого оборудования. Оно предполагает обычный способ монтажа, металлизации и заземления оборудования.

25.5.2 Генератор электростатического разряда

Генератор электростатического разряда должен иметь типовую схему, показанную на рисунке 25-2, с разрядным резистором на 330 Ом ($\pm 20\%$) и накопительным конденсатором емкостью 150 пФ ($\pm 20\%$) и должен обладать способностью генерировать импульс напряжением 15000 В как положительной, так и отрицательной полярности. Генератор электростатического разряда должен также иметь наконечник для разряда в воздухе, как показано на рисунке 25-3. Генератор электростатического разряда должен быть калиброван для обеспечения пикового выходного импульса положительного и отрицательного напряжения ($15000_{-0\%}^{+10\%}$) В. Необходимая для обеспечения такого выходного импульса установка генератора должна быть зарегистрирована.

25.5.3 Тестовые режимы оборудования

Тестовые режимы оборудования включают программные средства (если это возможно), выбираемые для воспроизведения всех обычных режимов работы испытываемого оборудования.

Примечание – Если требуется контрольная аппаратура, она должна иметь разводку для уменьшения возможности ошибочных показаний отказа.

25.5.4 Выбор контрольных точек

Рассматриваемые контрольные точки должны находиться в следующих местах: на проводящей и непроводящей поверхности областей пультов и клавиатуры, в любых других точках контакта с человеком, таких как переключатели, рукоятки, кнопки, индикаторы, светодиоды, швы соединений, слоты, решетки, корпуса соединителей, и другие доступные оператору участки.

25.5.5 Подача импульсов

Электростатические разряды должны действовать только в тех точках и на те поверхности испытываемого оборудования, которые доступны персоналу в ходе обычной эксплуатации (включая техническое обслуживание ЛА).

Генератор электростатического разряда, установленный на значение, зарегистрированное во время калибровки, должен удерживаться перпендикулярно поверхности, к которой прикладывается разряд. Обратный кабель генератора должен быть заземлен и находиться на расстоянии, по крайней мере, 0,2 м от испытываемого оборудования и его кабелей.

25.5.6 Техника проведения испытаний

Придвигать наконечник генератора электростатического разряда к контрольной точке с такой же скоростью, с которой перемещается рука человека, стремящегося коснуться объекта (около 0,3 м/с), до тех пор, пока не произойдет разряд или наконечник не коснется объекта. После каждого разряда или попытки разряда генератор (разрядный электрод) должен быть отведен от контрольной точки. Генератор затем заряжается для следующего одиночного разряда. Данная процедура должна повторяться, пока не будет выполнено 10 разрядов или

попыток разрядов каждой полярности в каждой контрольной точке. В случае неудачной попытки разряда в выбранной контрольной точке попытайтесь произвести разряд в точке, находящейся в области вокруг контрольной точки, например, в нескольких точках вдоль шва или слота, который был обозначен как одна контрольная точка, или со всех сторон кнопки, которая рассматривалась в качестве одной контрольной точки.

25.6 Оценка результатов испытания

После подачи импульсов ОПРЕДЕЛИТЬ СООТВЕТСТВИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫМ НТД, если нет другого требования.

25.7 Испытания электростатическими разрядами и токами от внешней электризации

Два метода испытаний бортового оборудования на стойкость к электростатическим разрядам от внешней электризации, а именно: «Испытания контактным вводом» и «Испытания внешним электростатическим разрядом» рекомендуются в качестве дополнительных испытаний по аналогии с разделом 22, если это указано в НТД на конкретное оборудование.

Испытания бортового оборудования на стойкость к электростатическим разрядам и токам от внешней электризации проводятся двумя методами (способами), а именно: «Испытания контактным вводом» и «Испытания внешним электростатическим разрядом».

Испытания контактным вводом проводятся, главным образом, для определения возможности повреждения бортового оборудования и заключаются в подаче импульсов напряжения и/или тока непосредственно в межблочные цепи или клеммы разъемов испытываемого оборудования, имеющего контакт с незранированными элементами под диэлектрическими поверхностями (например, нагревательные элементы и датчики системы электрообогрева лобовых стекол).

Испытания внешним электростатическим разрядом проводятся с целью определения возможных нарушений работоспособности функционирующего оборудования. При этих испытаниях могут также проводиться измерения наводимых напряжений и токов в испытываемом оборудовании.

25.7.1 Испытания контактным вводом

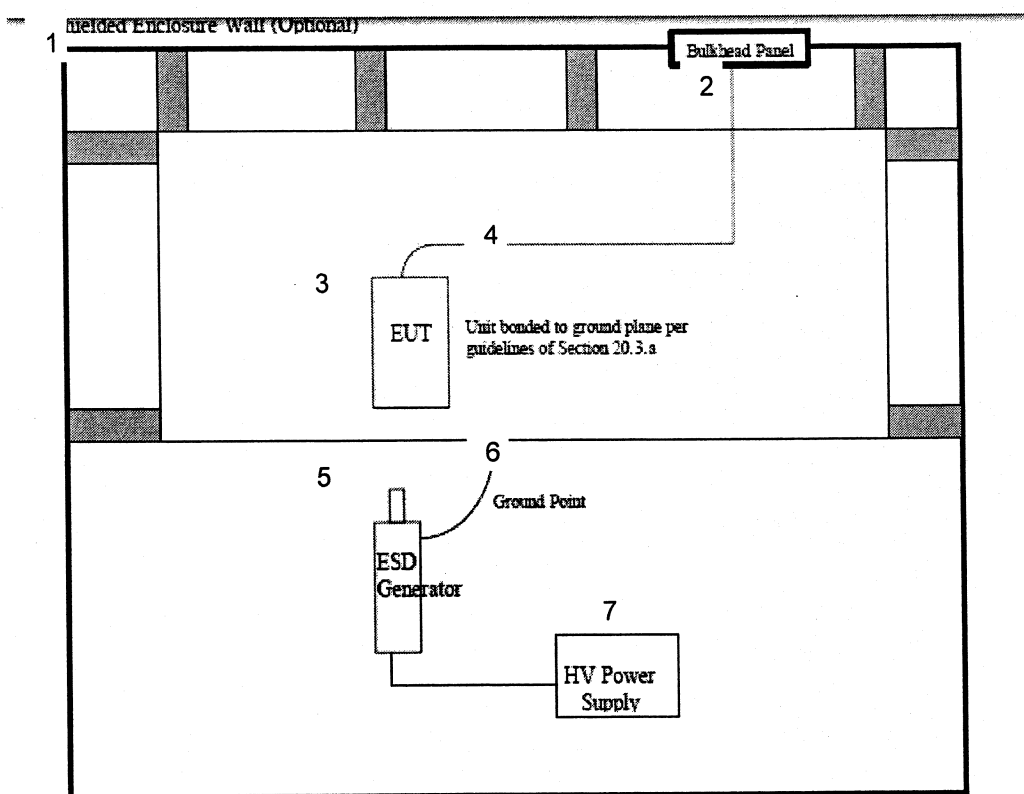
Возможность повреждения бортового оборудования электростатическими разрядами на внешней поверхности наружных диэлектрических элементов самолета/вертолета должна определяться по способности испытываемого комплекта оборудования выдерживать последовательность импульсов напряжения как положительной, так и отрицательной полярности (до 10 импульсов в минуту) с амплитудой $12000 \text{ В} \pm 10 \%$, длительностью фронта $0,1 \text{ мкс} \pm 20 \%$ и длительностью импульса $25 \text{ мкс} \pm 20 \%$.

Комплект оборудования должен выдерживать в течение 5 минут воздействие постоянного тока величиной $50 \text{ мкА} \pm 10 \%$ обеих полярностей.

Воздействие производится на клеммы испытываемого бортового оборудования, имеющего контакт с незранированными элементами и электроцепями под вышеуказанными наружными диэлектрическими поверхностями.

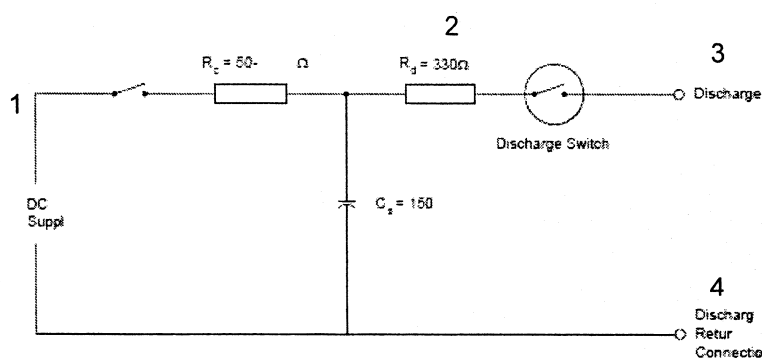
25.7.2 Испытания внешним электростатическим разрядом

Испытания бортового оборудования внешним электростатическим разрядом проводятся путем интенсивной электризации внешней поверхности наружных диэлектрических фрагментов самолета/вертолета (например, лобового стекла с электрообогревом). С этой целью внешняя поверхность испытываемых диэлектрических фрагментов подвергается зарядке с помощью источника коронного разряда. Упрощенная принципиальная схема испытаний внешним электростатическим разрядом с помощью генератора коронного разряда (коротрона) представлена на рисунке 25-4.



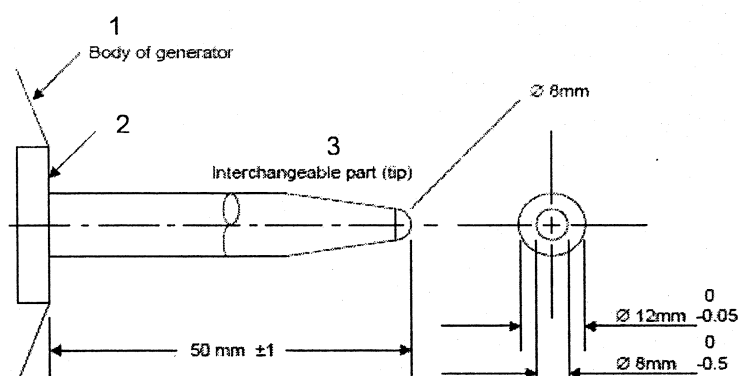
1 – стенка экранированного кожуха; 2 – панель перегородки; 3 – испытываемое оборудование; 4 – блок заземлен согласно положениям 20.3(a); 5 – генератор электростатического разряда; 6 – точка заземления; 7 – источник питания высокого напряжения

Рисунок 25-1 – Типовая установка для испытания на электростатический разряд



1 – источник напряжения постоянного тока; 2 – разрядный переключатель; 3 – разрядный наконечник; 4 – обратное соединение

Рисунок 25-2 – Упрощенная схема генератора электростатического разряда



1 – корпус генератора; 2 – см. примечание; 3 – сменная часть (наконечник)

Примечание – Разрядный переключатель (например, вакуумное реле) должен устанавливаться как можно ближе к наконечнику разрядного электрода.

Рисунок 25-3 – Разрядный электрод генератора электростатического разряда

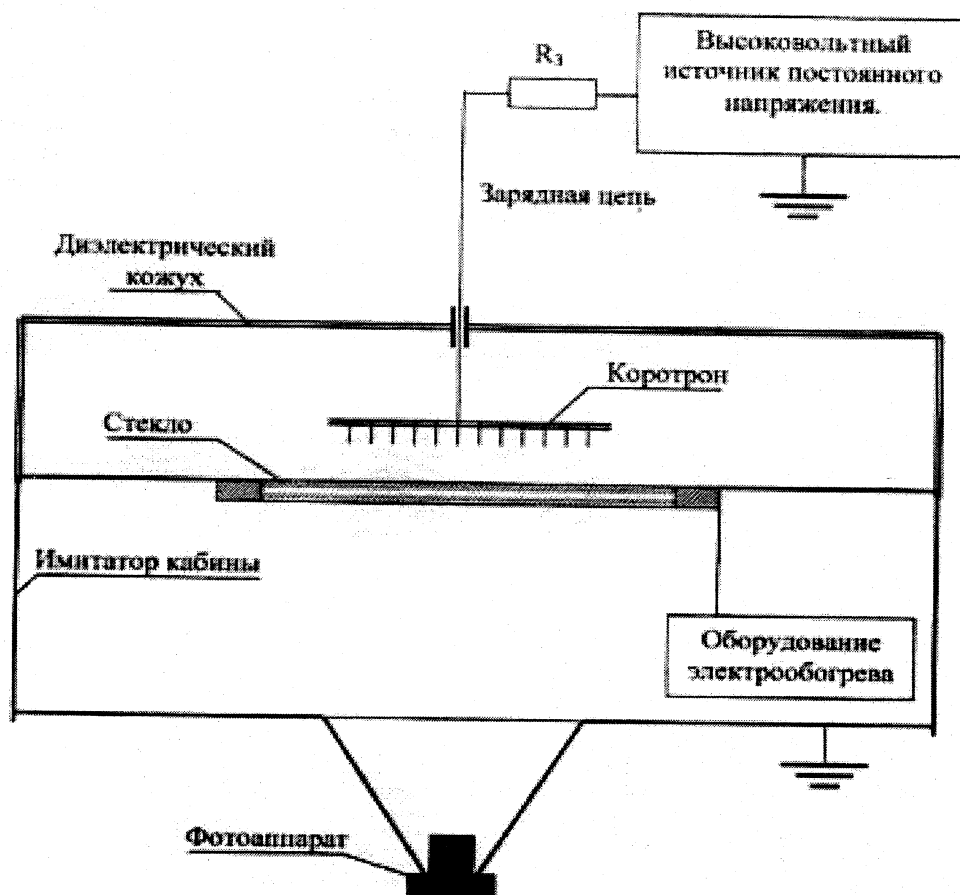


**Рисунок 25-4. Схема испытаний внешним электрическим разрядом
(на примере лобового стекла с оборудованием электрообогрева)**

Коротрон представляет собой диэлектрический диск, на котором закреплены концентрические металлические кольца, связанные между собой высокоомными сопротивлениями и снабженные остриями, установленными перпендикулярно плоскости диска. Центральное кольцо электрически связано с металлической штангой, служащей для перемещения и фиксации положения коротрона относительно внешней поверхности испытываемого диэлектрического фрагмента. Металлическая штанга с помощью втулки закреплена на диэлектрическом кожухе стенда и посредством зарядной цепи с резистором R_3 сопротивлением 20 МОм электрически соединена с высоковольтным источником постоянного напряжения.

При подаче высокого напряжения на коротрон, установленный над центральной частью испытываемого диэлектрического фрагмента (например, лобового стекла), образующиеся в коронном разряде на остриях ионы, дрейфуя под действием сил электрического поля в направлении нагревательных элементов, имеющих потенциал близкий к потенциалу корпуса, оседают на внешней поверхности стекла, образуя на ней слой поверхностного заряда. Напряжение на коротроне повышается до возникновения разветвленных искровых разрядов (общим количеством не менее 10) на внешней поверхности испытываемого диэлектрического фрагмента, заканчивающихся на металлическом обрамлении (обечайке). После этого начинается новый цикл зарядки-разрядки поверхности стекла.

КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

КТ-160G/14G

УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ БОРТОВОГО АВИАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Приложение А

Обозначение испытаний на внешние воздействия

КТ-160/14G
Заменяет: КТ-160D
Дата выпуска: 2015г.

Подготовлен: РГ-ВВФ
Издан: НИИАО

A1. Введение и область распространения

Существует необходимость предусмотреть постоянную регистрацию конкретных категорий испытаний на внешние воздействия, которым подвергался образец оборудования. Эта необходимость возникает при расследовании летных происшествий и катастроф, сертификации установки образца оборудования на воздушном судне, ремонте и т.д. Настоящая методика предусматривает, что запись на бумажном бланке (именуемом далее "Бланк квалификации на внешние воздействующие факторы") включается в комплект документации, представляемой для получения Свидетельства о годности / Одобрительного письма / Одобрения на установку, а также в соответствии с Квалификационными требованиями / "Стандартными техническими условиями", и используемой в инструкциях по установке.

Поскольку не предусмотрено, что бланк квалификации на внешние воздействующие факторы будет связан с данным оборудованием посредством серийного номера или даты изготовления, то связь может быть достигнута через тип оборудования, его модель или номер детали. Изготовители должны указывать метод, используемый для обеспечения трассируемости с категориями испытаний на внешние воздействия, на которые испытывалось оборудование, включая действующую букву ревизии используемой методики испытаний (Раздел RTCA DO-160).

A2. Бланк квалификации на внешние воздействие (см. Рис. А-1)

Настоящий бланк содержит необходимую информацию, касающуюся проведенных испытаний на внешние воздействия и, по возможности, соответствующую категорию испытаний на внешние воздействия, которым подвергался образец оборудования.

Приведена дополнительная информация, показывающая, к какому конкретному типу или модели оборудования относятся результаты испытаний на внешние воздействия. На рис. А-1 показана предлагаемая форма бланка. На рис. А-2 показан пример заполненного бланка квалификации на внешние воздействия с необходимыми комментариями. Допускается указывать только обозначения категорий испытаний и кривых (если применимо). Изготовителям оборудования рекомендуется для большей ясности давать на бланке более развернутые данные.

В некоторых случаях, по желанию изготовителя, оборудование можно квалифицировать по нескольким категориям конкретного вида испытаний на внешние воздействия. В случаях, когда для некоторых категорий (например, Температура/Высота или Вибрация) задаются многочисленные требования, в форме могут указываться более одной категории, но только если удовлетворяются наиболее жесткие требования всех указанных категорий. Если очевидно, что все требования одной категории являются наиболее жесткими, то в обозначении следует указывать только самую жесткую категорию.

На бланке следует также давать информацию о том, применялись ли амортизаторы при испытаниях на вибрацию, использовалось ли при испытаниях топливо Jet A, указать тип противообледенительной жидкости и другие параметры, относящиеся к испытаниям.

Если испытания на различные категории ВВФ проводились по различным ревизиям КТ-160/ED-14 (DO-160/ED-14), то информацию о применённой ревизии следует указывать в столбце «Описание проведенных испытаний»

Рис. А.1. Форма бланка квалификации на внешние воздействия

Наименование: _____
 Тип/Модель/Номер изделия _____
 Технические спецификации изготовителя и (или) _____
 другие применяемые технические условия _____
 Изготовитель _____
 Адрес _____

Номер ревизии и изменения DO-160

Дата испытаний

Условия	Раздел	Описание проведенных испытаний
Температура и высота	4.0	
Пониженная рабочая температура	4.5.2	
Повышенная рабочая температура	4.5.4	
Пониженная рабочая температура при кратковременном воздействии	4.5.1	
Повышенная рабочая температура при кратковременном воздействии	4.5.3	
Предельная пониженная температура	4.5.1	
Предельная повышенная температура	4.5.3	
Отказ системы охлаждения в полете	4.5.5 и 4.5.6	
Высота	4.6.1	
Разгерметизация	4.6.2	
Повышенное давление	4.6.3	
Изменения температуры	5.0	
Влажность	6.0	
Эксплуатационные ударные нагрузки и безопасность разрушения	7.0	
Вибрация	8.0	
Взрывобезопасность	9.0	
Водонепроницаемость	10.0	
Загрязняющие жидкости	11.0	
Песок и пыль	12.0	
Грибоустойчивость	13.0	
Соляной туман	14.0	
Магнитное воздействие	15.0	
Входное электропитание	16.0	
Импульсы напряжения	17.0	
Восприимчивость к помехам звуковых частот, поступающих через входы электропитания	18.0	
Восприимчивость к помехам индукции в проводах линий связи	19.0	
Радиочастотная восприимчивость	20.0	
Излучение радиочастотной энергии	21.0	
Восприимчивость к переходным процессам, вызванным молнией	22.0	
Прямое воздействие молнии	23.0	
Обледенение	24.0	
Электростатический разряд	25.0	
Пожар, воспламеняемость	26.0	
Другие испытания		

Примечания:

-
- Специальные условия: Электропитание, специальное охлаждение, инструкции по установке, и т.д.

Рис.А-2 Бланк квалификации на внешние воздействия (пример)

Наименование: _____
 Тип/Модель/Номер изделия _____
 Технические спецификации изготовителя и (или) _____
 другие применяемые технические условия _____
 Изготовитель _____
 Адрес _____
 Номер редакции или изменения DO-160 _____ Дата испытаний _____

Условия	Раздел	Описание проведенных испытаний
Температура и высота	4.0	Оборудование испытано по Категориям A2, F2 С вспомогательным воздушным охлаждением испытано по категории W
Пониженная рабочая температура	4.5.2	
Повышенная рабочая температура	4.5.4	
Пониженная рабочая температура при кратковременном воздействии	4.5.1	
Повышенная рабочая температура при кратковременном воздействии	4.5.3	
Предельная пониженная температура	4.5.1	
Предельная повышенная температура	4.5.3	
Отказ системы охлаждения в полете	4.5.5 и 4.5.6	
Высота	4.6.1	
Разгерметизация	4.6.2	
Повышенное давление	4.6.3	
Изменение температуры	5.0	Оборудование испытано по категории В
Влажность	6.0	Оборудование испытано по категории А
Эксплуатационные ударные нагрузки и безопасность разрушения	7.0	Оборудование испытано по категории В
Вибрация	8.0	Оборудование испытано по категории S, зона 4 для воздушного судна с неподвижным крылом с ТРД, воздушного судна с неподвижным крылом с ТРДД и воздушного судна с поршневым/ турбореактивным двигателем менее 5700кг с использованием кривых W и L
Взрывобезопасность	9.0	Оборудование обозначается категорией X, испытание не проводилось
Водонепроницаемость	10.0	Оборудование обозначается категорией X, испытание не проводилось
Загрязняющие жидкости	11.0	Оборудование обозначается категорией F. Оборудование испытано брызгами гидравлической жидкости на основе фосфата эфира и погружением в противообледенительную жидкость АЕА, тип 1
Песок и пыль	12.0	Оборудование обозначается категорией X, испытание не проводилось
Грибоустойчивость	13.0	Оборудование категории F
Соляной туман	14.0	Оборудование обозначается категорией X, испытание не проводилось
Магнитное воздействие	15.0	Оборудование категории А
Электропитание	16.0	Оборудование испытано по категории А (CF), 400Гц Альтернативные испытания на модуляцию переменного тока, гармоники переменного тока и коэффициент мощности не проводились
Импульс напряжения	17.0	Оборудование испытано по категории А
Восприимчивость к помехам звуковых частот, поступающих через входы электропитания	18.0	Оборудование испытано по категории R(CF)

Восприимчивость к помехам индукции в проводах линий связи	19.0	Оборудование испытано по категории А
Радиочастотная восприимчивость	20.0	Оборудование испытано по категории R для восприимчивости к помехам проводимости, по категориям R (SW, CW) и В (PM) для восприимчивости к помехам радиоизлучения,
Излучение радиочастотной энергии	21.0	Оборудование испытано по категории Н
Восприимчивость к переходным процессам, вызванным молнией	22.0	Оборудование испытано с использованием серии импульсов В, уровень 3, для испытания жгутов проводов серии импульсов D. Одиночные/многократные удары уровня 4, многочисленные импульсы уровня 3
Прямое воздействие молнии	23.0	Оборудование обозначается категорией 2A2A, Высокий ударный ток, сильные физические повреждения током.
Обледенение	24.0	Оборудование обозначается категорией X, испытание не проводилось
Электростатический разряд	25.0	Оборудование испытано по категории А
Пожар, воспламеняемость	26.0	Оборудование испытано по категории В
Другие испытания		Испытания на огнестойкость проведены в соответствии с Авиационными правилами АП-25, Приложение F

Примечания

- Испытания проводились в лаборатории внешних воздействий
- При испытаниях на водонепроницаемость использовались образцы материалов
- При испытаниях на входное электропитание оборудование проверялось на соответствие параграфу 16.5.1.4.b (Оборудование с цифровыми схемами)