ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ УЗБЕКИСТАНА

Совместимость технических средств электромагнитная

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТУРЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАДИОПОМЕХ И ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Часть 1-5

Аппаратура для измерения радиопомех и помехоустойчивости. Испытательные площадки для калибровки антенны в диапазоне частот от 30 до 1000 MHz

(CISPR 16-1-5, MOD)

Издание официальное

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Узбекское агентство стандартизации, метрологии и сертификации

Ташкент

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Государственным унитарным предприятием Центр научно-технических и маркетинговых исследований «UNICON.UZ» (ГУП «UNICON.UZ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации в сфере связи и информатизации № 7

3 ПРИНЯТ Постановлением Узбекского агентства стандартизации, метрологии и сертификации (агентство «Узстандарт») от 05.03.2013 № 05-432

4 Настоящий стандарт модифицирован по отношению к международному стандарту CISPR 16-1-5:2003 Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-5: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Antenna calibration test sites for 30 MHz to 1000 MHz (CISPR 16-1-5:2003 Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 1-5. Аппаратура для измерения радиопомех и помехоустойчивости. Испытательные площадки для калибровки антенны в диапазоне частот от 30 до 1000 MHz).

Информация о замене ссылок в разделе «Нормативные ссылки» приведена в приложении Е.

Полный перечень технических отклонений с объяснением причин их внесения приведен в приложении F.

Перевод с английского языка (en).

Степень соответствия – модифицированная (MOD).

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Исключительное право официального опубликования настоящего стандарта на территории Узбекистана принадлежит агентству «Узстандарт»

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки..... 2
3 Термины, определения и сокращения 2
4 Технические характеристики и процедуры валидации испытательной площадки, используемой для калибровки антенн в диапазоне частот от 30 до 1000 MHz..... 3
Приложение A (справочное) Требования КИП..... 23
Приложение B (справочное) Аспекты испытательной антенны..... 26
Приложение C (справочное) Теория антенн и затухания площадки..... 33
Приложение D (справочное) Программа на языке Паскаль, использованная в C.1.3..... 45
Приложение E (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов государственным стандартам Республики Узбекистан..... 50
Приложение F (справочное) Технические отклонения и объяснение причин их внесения..... 51

O ‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ УЗБЕКИСТАНА

Техник воситаларнинг электромагнит мослашуви
РАДИОХАЛАҚИТЛАР ВА ХАЛАҚИТГА ЧИДАМЛИЛИКНИ ЎЛЧАШ АППАРАТУРАСИГА ҚЎЙИЛАДИГАН ТЕХНИК ТАЛАБЛАР ВА ЎЛЧАШ УСУЛЛАРИ
1-5-қисм
Радиохалақитлар ва халақитга чидамлиликни ўлчаш аппаратураси 30 дан 1000 MHz гача частоталар диапазонида антеннани калибрлаш учун синов майдончалари

Совместимость технических средств электромагнитная
ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТУРЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАДИОПОМЕХ И ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ.
Часть 1-5
Аппаратура для измерения радиопомех и помехоустойчивости. Испытательные площадки для калибровки антенны в диапазоне частот от 30 до 1000 MHz

Electromagnetic compatibility of technical equipment
Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods. Part 1-5 Radio disturbance and immunity measuring apparatus. Antenna calibration test sites for 30 MHz to 1000 MHz

Дата введения 05.03.2013
05.03.2018

1 Область применения

Настоящий стандарт является базовым стандартом, который определяет требования к калибровочным испытательным площадкам, используемым для выполнения калибровки антенн, характеристикам испытательных антенн, процедурам проверки калибровочных площадок и критериям соответствия площадок. Более подробная информация по требованиям к калибровочным площадкам по вопросам, касающимся испытательных антенн, теории антенн и затухания площадки приведены в справочных приложениях.

Технические требования к соответствующим измерительным приборам приведены в O‘z DSt CISPR 16-1-1 и O‘z DSt CISPR 16-1-4.

Издание официальное

O'ZSTANDART AGENTLIGI
3521 son bilan
«05» 03 2013 yilda
Davlat ro'yxatiga olindi

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

O‘z DSt CISPR 16-1-1:2013 Совместимость технических средств электромагнитная. Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 1-1. Аппаратура для измерения радиопомех и помехоустойчивости. Аппаратура для измерения

O‘z DSt CISPR 16-1-4:2013 Совместимость технических средств электромагнитная. Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 1-4. Аппаратура для измерения радиопомех и помехоустойчивости. Антенны и испытательные площадки для измерений излучаемых радиопомех

3 Термины, определения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **антенна:** Часть передающей или приемной системы, предназначенная для излучения или приема электромагнитных волн определенным способом.

Примечания

1 В контексте требований настоящего стандарта симметрирующее устройство является частью антенны.

2 Смотрите ниже также термин «проволочная антенна».

3.1.2 **затухание площадки:** Затухание между двумя указанными позициями на испытательной площадке, которое определяется вносимыми потерями между двумя портами, когда непосредственное электрическое соединение между выходом генератора и входом приемника заменяется связью между передающей и приемной антеннами, размещенными в указанных позициях.

3.1.3 **испытательная площадка оценки соответствия, ИПОС:** Обстановка, которая гарантирует правильные, воспроизводимые результаты измерений напряженности поля помех от испытуемого оборудования для сравнения их с нормами соответствия.

3.1.4 **испытательная антенна:** Комбинация резонансного диполя свободного пространства и соответствующего симметрирующего устройства.

Примечание – Данное определение термина - только для использования в настоящем стандарте.

3.1.5 **калибровочная испытательная площадка, КИП:** Открытая испытательная площадка с металлической пластиной заземления, обладающая точно установленной характеристикой затухания площадки в

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

горизонтальной и вертикальной поляризации напряженности электрического поля.

КИП используется для определения коэффициента калибровки антенны (антенна-фактор) в свободном пространстве.

Измерения затухания площадки в КИП используются для сравнения с соответствующими измерениями затухания площадки в ИПОС в целях оценки соответствия характеристик ИПОС.

3.1.6 **проволочная антенна:** Определенная конструкция, состоящая из одной или более металлических проволок или штырей для излучения или приема электромагнитных волн.

Примечание – Проволочная антенна не содержит в себе симметрирующее устройство.

3.1.7 **резонансный диполь свободного пространства:** Проволочная антенна, состоящая из двух прямых соосных проводников одинаковой длины, расположенных концами друг к другу и разделенных небольшим зазором. При этом длина каждого проводника приблизительно равна четверти длины волны, с тем, чтобы на этой частоте входное сопротивление проволочной антенны, измеренное на зазоре, было полностью активным при нахождении диполя в свободном пространстве.

Примечания

1 В контексте требований настоящего стандарта данная проволочная антенна, присоединенная к симметрирующему устройству, также называется «испытательной антенной».

2 Данная проволочная антенна также называется «настроенным диполем».

3.1.8 **симметрирующее устройство:** Пассивная электрическая схема для перехода от симметричной линии передачи (или симметричного устройства) к несимметричной и наоборот.

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте применяются следующие сокращения:

ИПОС - испытательная площадка оценки соответствия
КСВН - коэффициент стоячей волны по напряжению
КСК - квадратная сумма корня
КИП - калибровочная испытательная площадка
ОИП - открытая испытательная площадка
РЧ - радиочастота, радиочастотный
ЭИП - эталонная испытательная площадка

4 Технические характеристики и процедуры валидации испытательной площадки для калибровки антенн в диапазоне частот от 30 MHz до 1000 MHz

Требования к испытательной площадке, используемой для измерения напряженности электрического поля радиопомех в диапазоне частот от

O'ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

30 MHz до 1000 MHz, определены в O‘z DSt CISPR 16-1-4 (раздел 5). Такая испытательная площадка может быть непригодной для калибровки антенн. В данном разделе установлены требования и процедуры валидации испытательной площадки с металлической пластиной заземления, подходящей для калибровки антенн в диапазоне частот от 30 MHz до 1000 MHz. Испытательная площадка, отвечающая этим требованиям, может также использоваться в качестве эталонной испытательной площадки для целей сравнения в альтернативной процедуре валидации, приведенной в 5.6 O‘z DSt CISPR 16-1-4

4.1 Введение

КИП предназначена для обеспечения обстановки, подходящей для калибровки антенны к значениям его антенна-фактора в свободном пространстве. Такую калибровку удобнее всего проводить над отражающей поверхностью с использованием только горизонтальной поляризации. Характеристики КИП, особенности вычислимой испытательной антенны, процедуры проверки (валидации) КИП и критерии качества определены в 4.3 – 4.6. Процедура валидации КИП, приведенная в 4.5, требует использования надежной дипольной антенны в соответствии с 4.4, создавая возможность сравнения теоретически расчетных затуханий площадки с измеренной характеристикой КИП. Информация, которая должна быть отражена в отчете о валидации КИП, определена в 4.7. Приложение A предоставляет руководство для конструирования КИП, соответствующего критериям валидации, определенным в 4.6.

Для использования КИП в качестве ЭИП для валидации характеристик испытательных площадок в соответствии с O‘z DSt CISPR 16-1-4 (раздел 5), должны быть определены некоторые дополнительные требования. В 4.7 определены дополнительные характеристики и критерии качества. Испытательные площадки, определенные в разделе 5 O‘z DSt CISPR 16-1-4, которые используются для подтверждения соответствия с нормами излучений, обозначаются здесь ИПОС. Валидация ИПОС может быть выполнена путем сравнения с теоретическим затуханием площадки, описанным в разделе 5 O‘z DSt CISPR 16-1-4 (этот способ имеет приоритет), или путем сравнения измерения затухания ЭИП с соответствующими измерениями затухания ИПОС при тех же самых измерительных установках и оборудовании (антенны, кабели, генератор, приемник, и т.д.).

Приложения к этому стандарту содержат справочную спецификацию КИП к вычислимому резонансному диполю свободного пространства (настроенный диполь) для их использования в процедуре валидации КИП. Также в них приведены модель расчета теоретического затухания площадки, количественные примеры и контрольный список задач для проведения процедуры валидации.

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

4.2 Технические требования к калибровочной испытательной площадке для калибровки антенн

4.2.1 Введение

Калибровочная испытательная площадка включает в себя следующие основные компоненты:

– хорошо проводящая плоская металлическая пластина (отражающая плоскость);

– зона без препятствий с точки зрения электромагнитного излучения, окружающая отражающую плоскость.

Также необходимо следующее вспомогательное оборудование:

– две антенные мачты для установки антенн при проведении процедуры валидации КИП или процедуры калибровки антенны;

– кабели, соединяемые с этими антеннами;

– электронное оборудование (РЧ генератор или измерительный приемник).

Нормативные требования к КИП определены в 4.2.2, в то время как приложение А содержит несколько справочных спецификаций в качестве руководства для конструирования и расположения КИП таким образом, чтобы критерии валидации выполнялись.

4.2.2 Нормативные требования

Для проведения калибровки антенн КИП должны соответствовать критериям валидации, приведенным в 4.5.3:

a) затухание площадки на фиксированных высотах антенн;

b) высота антенны при максимальном затухании площадки или при максимальном затухании площадки во всех частотах, в которых антенны должны быть откалиброваны.

Примечания

1 Оборудование, используемое в процедуре валидации КИП, также должно соответствовать нормативным требованиям (см. 4.3 и 4.4).

2 Отчет о валидации КИП (4.6) будет содержать информацию о способе достижения соответствия требованиям, чтобы обеспечивалось соответствие КИП во время его эксплуатации.

4.3 Требования к испытательной антенне

4.3.1 Введение

Для (численного) расчета теоретического затухания площадки SA_c, необходимого при проведении процедуры валидации, нужны антенны, которые могут быть точно смоделированы. Поэтому испытательная антенна должна состоять из резонансного диполя в свободном пространстве, соединенного с симметрирующим устройством с установленными параметрами. Нормативные требования к испытательным антеннам приведены в 4.3.2. Пример конструкции испытательной антенны приведен в приложении В.

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Испытательная антенна состоит из симметрирующего устройства и двух коллинеарных проволочных элементов (проводников), каждый имеет диаметр D_{we} и длину L_{we}. Эти элементы связаны с двумя клеммами питания (A и B на рисунке 1) в симметрирующем устройстве. Зазор между этими клеммами имеет ширину W_g. Длина антенны определяется по формуле:

$$L_a = 2L_{we} + W_g. \quad (1)$$

Центр испытательной антенны находится в середине зазора клемм питания на осевой линии двух коллинеарных проволочных элементов.

Симметрирующее устройство имеет порт несимметричного входа/выхода (приемопередающая антенна) и порт симметричного входа в двух клеммах питания A и B. В качестве примера на рисунке 1 назначение симметрирующего устройства обозначено схематично в виде симметрирующего/несимметрирующего преобразователя.

4.3.2 Нормативные требования

4.3.2.1 Испытательная антенна должна иметь идентичные проволочные элементы длиной L_{we}, которые могут быть разъединены от симметрирующего устройства для проведения валидации его параметров, и чтобы было возможно соединить между собой проволочные элементы двух антенн, используемых в измерениях затухания площадки.

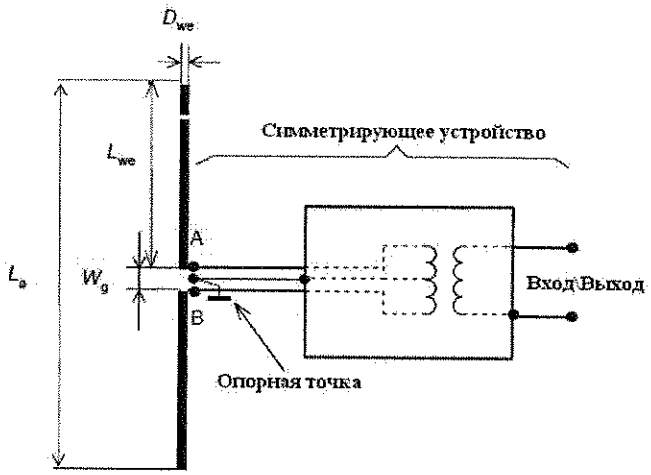
4.3.2.2 Длина $L_a(f, D_{WE})$ полуволновой проволочной антенны примерно определяется тем условием, что на заданной частоте f в свободном пространстве абсолютная величина мнимой части входного сопротивления в клеммах питания должна быть меньше 1 Ω.

Примечания

1 Если проволочные элементы имеют неизменный диаметр и если $D_{WE} << L_a$, тогда $L_a(f, D_{WE})$ может быть вычислен по формуле (C.2) в C.1.1. Если диаметр не является постоянным, например, когда используется телескопическая антенна, $L_a(f)$ может быть вычислено только численным путем, см. C.2.2.

2 При использовании телескопической антенны телескопические элементы должны быть настроены таким образом, чтобы элементы с наибольшим диаметром использовались в первую очередь (см. рисунок 2), а числовые расчеты должны учитывать этот подход.

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI



Примечание - Центр испытательной антенны находится в середине зазора на осевой линии двух проволочных элементов.

Рисунок 1 - Схема испытательной антенны



Рисунок 2a - Правильный

Рисунок 2b - Неправильный

Рисунок 2 – Регулировка длины телескопических проволочных элементов к длине L_{WE}

При проведении испытаний на частотах между 30 MHz и 80 MHz может быть использован диполь с фиксированной длиной $L_a = L_a(80\ \text{MHz})$.

4.3.2.3 Зазор клемм питания должен быть $W_g \leq 15$ mm или $W_g \leq 0{,}03\lambda_{min}$ в зависимости от того, который из них меньше, где:

$\lambda_{min} = c_0 / f_{max}$,

f_{max} - самая высокая частота испытания, на которой используется испытательная антенна;

c_0 - скорость электромагнитных волн в вакууме.

4.3.2.4 Если реальная длина проволочной антенны $L_a(f)$ фактически находится в пределах ΔL_a от длины $L_a(f)$, установленной для этой антенны (см. таблица 2), то предполагается что будет проведена валидация этой длины если зазор клемм питания будет соответствовать с 4.3.2.3.

4.3.2.5 Симметричный порт симметрирующего устройства имеет:

a) сопротивление Z_{AB} с заданным максимальным КСВН (таблица 2), когда несимметричный порт подключен к сопротивлению Z_e, переведенному из внешних схем (кабель питания антенны);

b) баланс амплитуд по отношению к опорной точке симметрирующего устройства ΔA_b dB, (таблица 2), когда обе клеммы питания подключены к сопротивлениям $Z_{AB}/2$ по отношению к опорной точке симметрирущего устройства;

O'ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

c) баланс фаз $180^0 \pm \Delta\varphi_b$ (см. таблицу 2), когда обе клеммы питания подключены к сопротивлению $Z_{AB}/2$ по отношению к опорной точке симметрирующего устройства.

Примечания

1 Разъемы портов симметрирующего устройства должны позволять проведение радиочастотных измерений на двух портах симметрирующего устройства.

2 Сопротивление симметричного порта Z_{AB} является сопротивлением между клеммами питания A и B на рисунке1. Предпочтительное значение этого сопротивления составляет Z_{AB} = 100 Ω (действительное).

3 Сопротивление Z_e, вносимое внешними (подключаемыми) цепями, обычно составляет 50 Ω, что является предпочтительным.

4 Выполнение требований относительно баланса амплитуд и фаз обеспечивает достаточное равенство амплитуд и противофазность сигналов на клеммах питания A и B относительно опорной точки симметрирующего устройства. Когда симметричный порт отвечает этим требованиям, изоляция между двумя клеммами питания превысит 26 dB при подключении несимметричного порта к сопротивлению Z_e.

5 Компоненты симметрирующего устройства должны быть ориентированы насколько это практически возможно так, чтобы представлять для проволочной антенны минимальную отражающую поверхность с совпадающей поляризацией.

6 Компоненты симметрирующего устройства должны быть электрически экранированы, чтобы на их паразитные свойства не могла влиять окружающая среда. Опорная точка симметрирующего устройства и клемма заземления порта входа/выхода подключены к экрану.

4.3.2.6 Свойства симметрирующего устройства, требуемые 4.3.2.5 можно определить измерением S-параметра и, частично, измерением инжекции.

Примечания

1 Непосредственное соединение симметрирующего устройства в 4.4.4.2 и 4.4.4.4 может быть заменено на кабельное соединение, когда известен полный набор S-параметров симметрирующего устройства и сопротивления порта, приведенные к симметрирующим устройствам генератора и приемника, при условии, если свойства симметрирующего устройства включены в расчет SA_C.

2 Измерения S-параметра и инжекции описаны в приложении B.

4.3.2.7 Если в процессе процедуры валидации КИП испытательные антенны и/или испытательное оборудование используются с сопротивлением с Z_{AB} и Z_e, отличающегося от предпочитаемых значений 100 Ω и 50 Ω соответственно, это должно быть явным образом указано в отчете о валидации (4.6).

4.4 Процедура валидации калибровочной испытательной площадки для калибровки антенн

4.4.1 Введение

В процедуре валидации измеренное затухание испытательной площадки SA_m сравнивается с теоретически рассчитанным затуханием SA_C. Таким образом, процедура служит для проверки соответствия КИП требованиям относительно свойств, которые предполагались при расчетах SA.

а) плоскость площадки (пластина заземления) совершенно плоская и

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

бесконечно большая;

b) абсолютное значение коэффициента отражения плоскости площадки r = 1;

c) разность фаз падающей и отраженной горизонтально поляризованной электромагнитной волны равна $\varphi = \pi$ радиан;

d) влияние вспомогательного оборудования и окружающей среды плоскости площадки пренебрежимо мало.

Для проверки свойств требуется проведение двух наборов измерений:

1) свойства a), b) и d) проверяются одновременно в процедуре измерения *SA* с использованием фиксированных высот антенны (см. 4.4.4), после которого измеренные и расчетные *SA* сравниваются;

2) свойства a), c) и d) проверяются одновременно в процедуре, в которой высота одной из измерительных антенн сканируется для нахождения максимального *SA*, после которого сравнивается измеренная и расчетная высота той антенны, соответствующая этому максимуму (см. 4.4.5).

Альтернативным образом второй набор свойств может также быть проверен одновременно в процедуре измерений со сканированием частот (см. 4.4.6).

В дальнейшем величина $\pm\Delta X$ представляет максимальное отклонение параметра *X*, допустимое в процедуре валидации. Количественные данные по отклонениям обобщены в таблице 2.

4.4.2 Испытательная установка

4.4.2.1 Центры испытательных антенн, антенных мачт и антенных коаксиальных кабелей размещены в плоскости, перпендикулярной к отражающей плоскости и установлены по центру отражающей плоскости.

Примечание - Центр испытательной антенны определен в 4.3.1.

4.4.2.2 Коллинеарные проволочные элементы расположены параллельно отражающей плоскости (антенна в горизонтальной поляризации) повсюду и перпендикулярно к (вертикальной) плоскости, в соответствии с 4.4.2.1.

Примечание - На нижном участке диапазона частот, например, в области частот от 30 MHz до 40 MHz, относительно длинные провода элемента могут влиять на результаты измерения. Такое влияние можно учесть при расчете теоретического затухания площадки (см. также 4.4.4.3 и 4.5.3.1).

4.4.2.3 Горизонтальное расстояние между центрами испытательных антенн составляет:

$$d = 10{,}00\ \text{m} \pm \Delta d\ \text{m} \qquad (2)$$

4.4.2.4 Высота центра передающей антенны над отражающей плоскостью.

$$h_t = 2{,}00\ \text{m} \pm \Delta h_t\ \text{m} \qquad (3)$$

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI JORIY ETISH BOSHQARMASI

4.4.2.5 Высота центра приемной антенны над отражающей плоскостью должна быть приспосабливаемой к высотам $h_r \pm \Delta h_r$ как это определено в таблице 1 и таблице 2, и должна быть сканируема по диапазону высот 1,0 m $\leq h_r \leq$ 4,0 m согласно требованию 4.4.5.

4.4.2.6 Коаксиальные кабели, присоединенные к симметрирующим устройствам приемных и передающих антенн, прокладываются перпендикулярно к проводным элементам и параллельно к отражающей плоскости вдоль расстояния не менее 1 m от проводных элементов. После этого расстояния кабели могут опускаться на отражающую плоскость и (предпочтительно) прокладываться снизу отражающей плоскости или сверху этой плоскости перпендикулярно к проводным элементам до того как они достигнут края плоскости. Во избежание синфазной связи рекомендуется нагружать коаксиальные кабели, подключенные к симметрирующему устройству на ферритовую нагрузку.

Примечания

1 Кабели должны иметь низкое сопротивление передачи, чтобы избежать влияния сопротивлений индуктивных токов в оболочках на результаты измерения.

2 Если кабель проложен частично под отражающей плоскостью, оплетка кабеля должна быть соединена (по всей окружности 360°) к отражающей плоскости при прохождении через эту плоскость.

4.4.2.7 РЧ генератор и РЧ приемник не должны быть подняты выше уровня отражающей плоскости, если они находятся в пределах 20 m от плоскости.

4.4.2.8 РЧ генератор должен иметь хорошую стабильность частоты и выходного уровня сигнала на протяжении всей продолжительности измерений затухания площадки. См. также 4.4.4.5.

Примечание – Может быть необходимо включить в процедуру измерений время для нагрева (обычно указываемое производителем оборудования) РЧ генератора и РЧ приемника, чтобы гарантировать долгосрочную стабильность оборудования.

4.4.2.9 Линейность РЧ приемника должна быть калибрована по динамическому диапазону не менее 50 dB. Неопределенность линейности приемника обозначается как ΔA_r (см. 4.5.2.2). Приемлемое значение приемника для неопределенности линейности приемника составляет 0,2 dB.

Примечание - Если линейный динамический диапазон меньше чем 50 dB, можно применить метод замены, используя точный калиброванный аттенюатор, как приведено в 4.4.4.7.

4.4.3 Испытательные частоты и высоты приемной антенны

4.4.3.1 При соблюдении требований 4.2.2 измерения валидации, описанные в 4.4.4, должны проводиться на частотах и соответствующих им фиксированных высотах центра приемной антенны h_r, m над отражающей плоскостью, приведенных в таблице 1.

Примечания

1 Информация относительно качества КИП на промежуточных частотах может быть получена при помощи измерений с качающейся частотой как, приведено в А.2.2.

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

2 Следует принять меры в случаях характеристик с высокой чувствительностью, особенно на частотах выше 300 MHz. В таких случаях, должны быть проведены процедуры с качающейся частотой в области указанных частот и на соответствующих высотах.

4.4.3.2 В дополнение к измерениям валидации, описанным в 4.4.4, должны быть выполнены три измерения со сканированием высот приемной антенны как приведено в 4.4.5 или три измерения со сканированием частот как приведено в 4.4.6:

a) при выборе измерений со сканированием высот приемной антенны они должны быть проведены на частотах f_s: 300 MHz, 600 MHz и 900 MHz, с настройкой испытательных антенн на соответствующие частоты f_s;

b) при выборе измерений со сканированием частот они должны быть проведены при комбинациях высоты приемной антенны h_{rs} и частоты настройки испытательной антенны f_s - $\{h_{rs}, f_s\}$: {2,65 m, 300 MHz}, {1,30 m, 600 MHz} и {1,70 m, 900 MHz}.

Таблица 1 – Данные по частоте и фиксированным высотам приемной антенны для измерений *SA*, где $h_t = 2$ m и $d = 10$ m

Частота, MHz	h_r, m	Частота, MHz	h_r, m	Частота, MHz	h_r, m
30	4,00	90	4,00	300	1,50
35	4,00	100	4,00	400	1,20
40	4,00	120	4,00	500	2,30
45	4,00	140	2,00	600	2,00
50	4,00	160	2,00	700	1,70
60	4,00	180	2,00	800	1,50
70	4,00	200	2,00	900	1,30
80	4,00	250	2,00	1000	1,20

4.4.3.3 Если узкополосный шум, который возникает от радиовещательных передатчиков, препятствует точному измерению на частоте, определенной в 4.4.3.1 и 4.4.3.2, то выбирается пригодная для использования испытательная частота максимально близкая к требуемой частоте. Причины отклонения от указанной частоты должны быть объяснены и отражены в отчете о валидации (см. 4.6).

4.4.3.4 Частота РЧ генератора, от которого подается сигнал передающей антенне, должна быть настроена в пределах Δf (см. таблицу 2) от испытательной частоты, определенной в таблице 1 или в 4.4.3.2.

4.4.4 Измерения затухания площадки

Этот пункт описывает три измерения, необходимые для определения измеренного затухания площадки SA_m (см. 4.5.3.1) в установленных частотах. Рассматриваемое затухание площадки представляет собой *SA* между клеммами питания передающей антенны (A и B на рисунках 3 и 4), и

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI JORIY ETISH BOSHQARMASI

клеммами питания приемной антенны (C и D на рисунках 3 и 4).

Примечание - В случае, если доступен полный набор S-параметров симметрирующего устройства (см. 4.3.2.6), можно также рассмотреть *SA* между двумя интерфейсами кабель/симметрирующее устройство, при условии, если свойства симметрирующего устройства включены в расчет теоретической *SA*. В описании, приведенном ниже, последняя возможность расчета будет обозначена примечанием, где это необходимо.

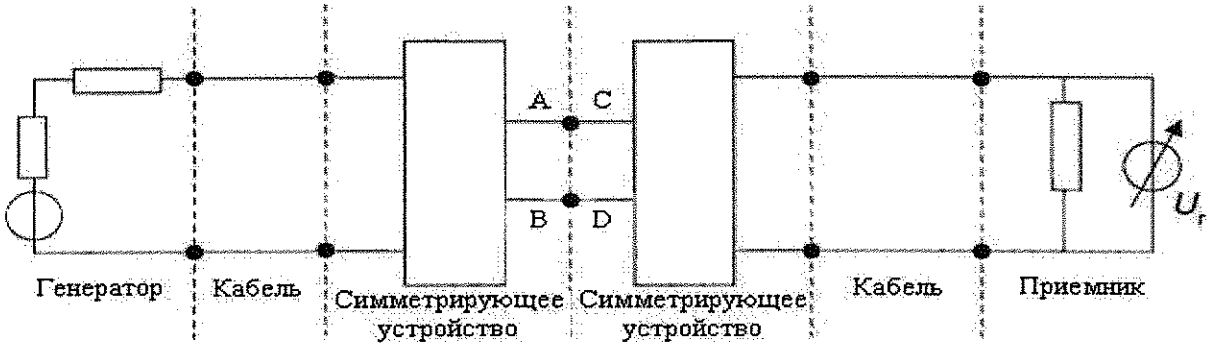


Рисунок 3 - Определение $U_{r1}(f)$ или $U_{r2}(f)$

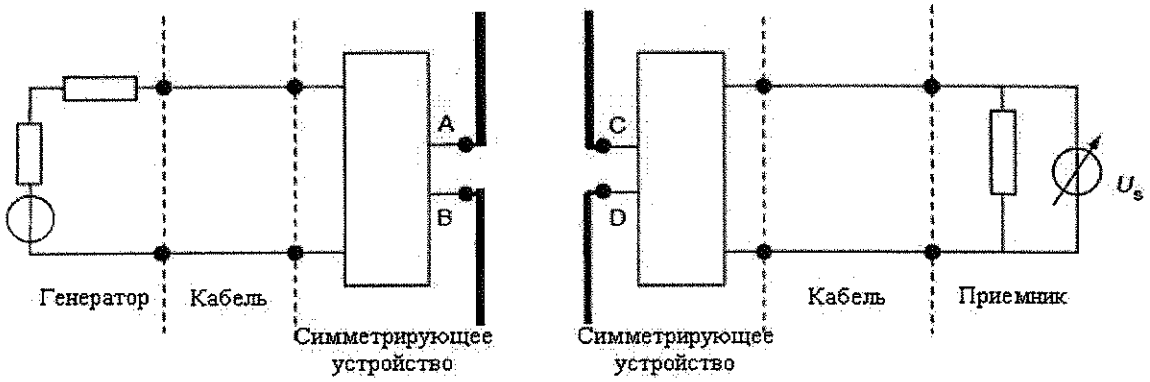


Рисунок 4 – Определение $U_s(f)$ с проволочными антеннами в их установленных позициях 4.4.4.1

4.4.4.1 **Измерение 1:** В указанной частоте f определяется опорное напряжение $U_{r1}(f)$. Это напряжение позволяет учитывать затухание сигнала между выходным портом РЧ генератора и клеммами питания передающей проволочной антенны и подобным образом, между клеммами питания приемной проволочной антенны и входным портом приемника.

$U_{r1}(f)$ определяется следующим образом (см. рисунок 3). Проволочные элементы испытательных антенн разъединяются от их симметрирующего устройства, и два симметрирующих устройства подключаются непосредственно (см. также примечание 4 ниже) с помощью максимально коротким соединением, меньшим, чем $\lambda_{min}/10$, где λ_{min} определен в 4.3.2.3.

Уровень РЧ генератора установлен так, чтобы показание приемника превышало уровень шума как минимум на 60 dB приемника. Показание приемника записывается как $U_{r1}(f)$.

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Примечания

1 Уровень излучаемого поля не должен превышать разрешенных уровней излучения передатчиков.

2 В данном подпункте считается, что РЧ приемник соответствует требованиям 4.4.2.9. Там где применяется примечание к 4.4.2.9, должен применяться метод, приведенный в 4.4.4.7.

3 Уровень шума приемника может быть снижен путем уменьшения полосы пропускания приемника. Однако, если РЧ генератор и РЧ приемник не привязаны по частоте как в случае следящего генератора и анализатора спектра, то полоса пропускания приемника должна быть достаточно широкой, чтобы возможное смещение частоты сигнала РЧ генератора не влияла на результаты измерения.

4 Если применен метод, приведенный в примечании к 4.4.4, то полные испытательные антенны отсоединяются и два антенных кабеля соединяются между собой при определении $U_{r1}(f)$ и $U_{r2}(f)$ в 4.4.4.4.

4.4.4.2 Настройка амплитуды РЧ генератора, используемая в 4.4.4.1 на отдельной частоте, остается неизменной в течение измерений, соответствующих 4.4.4.3 и 4.4.4.4.

4.4.4.3 **Измерение 2:** симметрирующие устройства отсоединяются друг от друга, проволочные элементы соединяются с их симметрирующими устройствами (см. рисунок 4) и регулируются на заданной длине $L_a(f)$. Испытательные антенны размещаются в позиции в соответствии с 4.4.2 и 4.4.3. Все остальные элементы в испытательной установке такие же как и в 4.4.4.1. См. также примечания 4.4.2.2 и 4.4.4.5.

В указанной f испытательной частоте антенны с установленной позиции показание приемника записывается как $U_S(f)$.

4.4.4.4 **Измерение 3:** измерение эталонного напряжения (см. 4.4.4.1), повторяется на той же самой заданной частоте. Значение записывается как $U_{r2}(f)$.

4.4.4.5 Если $U_{r1}(f)$ и $U_{r2}(f)$, выраженные в логарифмических единицах, различаются больше чем на 0,2 dB, то стабильность испытательной установки должна быть улучшена и вышеупомянутые измерения 1, 2 и 3 должны быть повторены.

Примечание – Причина эффектов нестабильности может также заключаться в температурной зависимости затухания в коаксиальных кабелях, особенно в условиях воздействия прямых солнечных лучей.

4.4.4.6 Измеренное затухание площадки $SA_m(f)$ выражается следующим уравнением:

$$SA_m(f) = 20 \log_{10} \left\{ \frac{U_{ra}(f)}{U_S(f)} \right\} \text{ (dB)} \qquad (4)$$

где: $U_{ra}(f)$ является средним значением $U_{r1}(f)$ и $U_{r2}(f)$.

Примечание - Если не были приняты меры для исключения влияния длины проволочных элементов на нижних частотах 30 MHz, 35 MHz и 40 MHz, то необходимо скорректировать измеренные затухания площадки SA_m (см. 4.5.3.1).

4.4.4.7 Когда динамический диапазон РЧ приемника не соответствует 4.4.2.9, тогда могут быть использованы следующие замены, при условии, если доступен полный набор S-параметров симметрирующего устрой-

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

ства и свойства симметрирующего устройства включены в расчет теоретического *SA* необходимо выполнить следующее:

a) определите и запишите показание приемника $U_s(f)$ как приведено в 4.4.4.3;

b) замените испытательные антенны калиброванным точным аттенюатором и соедините кабели обеих антенн к этому аттенюатору. Отрегулируйте потери, вносимые аттенюатором к уровню $A_{i1}(f)$ так, чтобы было получено такое же показание приемника $U_s(f)$ как и в случае a). Запишите $A_{i1}(f)$ и соответствующие неопределенности измерения $\Delta A_i(f)$;

c) чтобы продемонстрировать стабильность испытательной установки, упомянутой в 4.4.2.8, повторите шаг b) для определения $A_{i2}(f)$ после промежутка времени, приблизительно равного общему времени между снятием показания $U_s(f)$ в шаге a) и показания $A_{i1}(f)$ в шаге b). Если $A_{i2}(f)$ отличается больше чем на 0,2 dB от $A_{i1}(f)$, то стабильность испытательной установки должна быть улучшена и шаги a), b) и c) должны быть повторены;

d) если испытательная установка достаточно устойчива, измеренное затухание площадки выражается формулой:

$$SA_m(f) = 20\log_{10}\{A_{ia}\}, \text{dB} \qquad (5)$$

где: $A_{ia}(f)$ является средним значением $A_{i1}(f)$ и $A_{i2}(f)$ в линейных единицах.

4.4.5 Измерения со сканированием высот антенны

Этот подпункт описывает три измерения со сканированием высот антенны, необходимые для определения высоты приемной антенны $h_{r,max}$, при котором измеренное затухание площадки проявляет резкий максимум (см. 4.4.3.2 a) и 4.5.3.2). Резкий максимум возникает вследствие (почти полного) подавления прямой волны, приходящей на приемную антенну из-за непрямой волны, т.е. волны, отраженной от отражающей плоскости.

4.4.5.1 На частотах f_s, определенных в 4.4.3.2 a) и в испытательной установке, описанной в 4.4.2, высота приемной испытательной антенны (настроенной на частоту f_s) увеличивается от h_r = 1,0 m до высоты $h_{r,max}(f_s)$, соответствующей первому резкому максимуму *SA*, т.е. первому минимуму в показании приёмника.

Примечание - Значение минимума в показании приемника не представляет интереса. Это показание является лишь индикатором для нахождения $h_{r,max}(f_s)$.

4.4.5.2 Высота $h_{r,max}(f_s)$ измеряется и записывается вместе с соответствующей неопределенностью измерения $\Delta h_{r,max}(f_s)$.

Примечание – Измеренная высота $h_{r,max}(f_s)$ может не быть равной $h_{rs}(f_s)$ как указано в 4.4.3.2 b), потому что, как правило, $h_{r\ max}(f_s)$ зависит от свойств конкретных антенн.

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

4.4.6 Измерения со сканированием частот

Этот подпункт описывает три измерения с качающейся частотой, необходимые для определения частоты f_{max}, при которой измеренное затухание площадки проявляет резкий максимум (см. 4.4.3.2 b) и 4.5.3.3). Резкий максимум возникает вследствие (почти полного) подавления прямой волны, приходящей на приемную антенну из-за непрямой волны, т.е. волны, отраженной от отражающей плоскости.

4.4.6.1 На фиксированных высотах приемной испытательной антенны $h_{rs}(f_s)$, определенных в 4.4.3.2 b) и в испытательном устройстве с испытательными антеннами, настроенными на соответствующую частоту f_s как указано в 4.4.3.2 b), частота РЧ генератора сканируется от частоты, которая значительно ниже f_s, скажем на 100 MHz ниже f_s до значения $f_{max}(h_{rs})$, соответствующей полному резкому максимуму *SA*, т.е. минимуму в показании приемника.

Примечание - Значение минимума в показании приемника не представляет интереса. Это показание является лишь индикатором для определения $f_{max}(h_{rs})$.

4.4.6.2 Частота $f_{max}(h_{rs})$ записывается вместе с соответствующими неопределенностями измерений $\Delta f_{max}(h_{rs})$.

Примечание – Нет необходимости, чтобы измеренное $f_{max}(h_{rs})$ было равно $f_s(h_{rs})$, как указано в 4.4.3.2 a) потому что, как правило $f_{max}(h_{rs})$ зависит от свойств конкретных испытательных антенн.

4.5 Критерий соответствия калибровочной испытательной площадки для калибровки антенны

4.5.1 Введение

КИП считается пригодной, если на всех частотах, на которых требуется провести калибровку антенн в КИП, измеренное затухание площадки (4.4.3.1) и измеренные высоты антенны или измеренная частота (4.4.3.2) находятся в определенных пределах от расчетных теоретических значений (4.5.3). Помимо неопределенностей в различных измерительных данных измерений, эти пределы также учитывают разрешенные допуски в измерительной установке.

В соответствии с 4.5.2 запас неопределенности состоит из части, которая должна быть вычислена с использованием теоретической модели и части, которая прямо связана с неопределенностью в измерениях напряжения, из которых определяется затухание площадки, и с неопределенностями измерений со сканированием высот и частот.

4.5.2 Допуски и неопределенности измерений

4.5.2.1 Максимальные допуски для различных параметров перечислены в таблице 2.

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Таблица 2 – Максимальные допуски для d = 10 m

Переменная	Максимальный допуск	Подпункт
L_a	±0,0025 L_a или ±0,001 (m) если L_a < 0,400 (m)	4.3.2.4
Z_{AB}	КСВН < 1,10	4.3.2.5 a)
A_b	±0,4 dB	4.3.2.5 b)
φ_b	±2°	4.3.2.5 c)
d	±0,04 m	4.4.2.3
h_t	±0,01 m	4.4.2.4
h_r	±0,01 m	4.4.2.5
f	±0,001 f	4.4.3.4
Примечание - Необходимость учета допуска ΔD_{we} в радиусе проволочных элементов и неопределенностей, связанных с расположением проволочных антенн, находится на стадии рассмотрения.		

4.5.2.2 Неопределенность измерения ΔSA_m в измеренном затухании площадки SA_m как определено в уравнении (1) в 4.4.4.6 выражается как:

$$\Delta SA_m(dB) = \sqrt{\{\Delta SA_r(dB)\}^2 + \{\Delta SA_t(dB)\}^2} \quad (6)$$

где: ΔSA_r представлен как ΔA_r в 4.4.2.9, или как $\Delta A_t(f)$ в 4.4.4.7, в зависимости от того, какой из подпунктов применим. ΔSA_t обозначает чувствительность затухания площадки к отклонениям параметров (максимальным значениям, представленным в таблице 2). Значения ΔSA_r и ΔSA_t, соответствующие доверительному уровню 95% должны быть использованы в уравнении (3).

Примечание - ΔSA_t (95%) может быть вычислено с использованием модели, приведенной в приложении С.

4.5.2.3 Если допуски параметров соответствуют допускам, приведенным в таблице 2, можно использовать $\Delta SA_t(95\%)$ = 0,2 dB для всего диапазона частот от 30 MHz до 1000 MHz. В этом случае нет необходимости проводить расчеты ΔSA_t или отражать результаты расчетов в отчете о валидации КИП.

Примечание: Обоснование для $\Delta SA_t(95\%)$ = 0,2 dB приведено в С.1.3.2.

4.5.2.4 Неопределенность измерений Δh_{rm} в измеренной высоте приемной антенны $h_{r,max}$, определенной в 4.4.5 выражается как:

$$\Delta h_{rm}(m) = \sqrt{\{\Delta h_{r,max}(m)\}^2 + \{\Delta h_{rt}(m)\}^2} \quad (7)$$

где: $\Delta h_{r,max}$ определено в 4.4.5.2 и Δh_{rt} обозначает чувствительность $h_{r,max}$ отклонениям параметров (максимальным значениям, приведенным в таблице 2)

Примечание - Δh_{rt} может быть рассчитано с использованием модели, приведенной в С.1.3.3.

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

4.5.2.5 Если допуски параметров соответствуют допускам, приведенным в таблице 2, можно использовать $\Delta h_{rt}(95\%) = 0{,}025$ m в трех заданных частотах. В таком случае нет необходимости выполнять расчеты Δh_{rt} или отражать результаты расчетов в отчете о валидации КИП.

Примечание - Обоснование для $\Delta h_{rt}(95\%) = 0{,}025$ m приведен в С.1.3.3.

4.5.2.6 Погрешность измерения Δf_m на измеренной частоте f_{max} как определено в 4.4.6 выражается как

$$\Delta f_m(\text{MHz}) = \sqrt{\{\Delta f_{max}(\text{MHz})\}^2 + \{\Delta f_t(\text{MHz})\}^2} \qquad (8)$$

где: Δf_{max} определяется в 4.4.6.2;

Δf_t обозначает чувствительность f_{max} к отклонениям параметров (максимальным значениям, приведенным в таблице 2).

Примечание - Δf_t можно вычислить с использованием модели, приведенной в С.1.3.4.

4.5.2.7 Если допуски параметров соответствуют допускам, приведенным в таблице 2, можно использовать $\Delta f_t(95\%)/f_c = 0{,}015$ на трех заданных частотах. В таком случае нет необходимости проводить расчеты Δf_t или отражать результаты расчетов в отчете о валидации КИП.

Примечание - Обоснование для $\Delta f_t(95\%)/f_c = 0{,}015$ приведено в С.1.3.4.

4.5.3 Критерий соответствия

Приведенные в настоящем подпункте значения параметров для использования в расчетах, являются конкретными значениями, полученными в ходе измерений. Предполагается, что конкретные значения параметров определены с достаточно малой неопределенностью, поэтому вывод о том, что значения параметров находятся в пределах максимальных допусков, приведенных в таблице 2, является обоснованным.

Пример – Если заданное расстояние между центрами антенн составляет d = 10,00 m (4.4.2.3) и во время конкретных измерений SA это расстояние равно d_a = 10,01 m, в расчетах используется второе значение. Однако (d - d_a) всегда должно быть меньше 0,04 m (см. таблицу 2), в то время как d_a определено с такой малой неопределенностью, что неравенство $|d - d_a| < 0{,}04$ m считается обоснованным.

4.5.3.1 КИП соответствует критериям валидации по затуханию площадки, если на всех частотах, использованных для калибровки антенны (рисунок 5) выполняется условие:

$$\left|SA_c(\text{dB}) - SA_m(\text{dB})\right| < T_{SA}(\text{dB}) - \Delta SA_m(\text{dB}) \qquad (9)$$

где: $SA_c(f)$ – теоретическое значение SA на заданной частоте, вычисленное в соответствии с приложением С, с использованием данных испы-

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI JORIY ETISH BOSHQARMASI

тательной антенны после применения 4.3.2.6 и с использованием конкретных значений геометрических параметров L_a, d, h_t и h_r;

$SA_m(f)$ - измеренная SA, следующая из уравнения (1) или уравнения (2) (см.также примечание);

$\Delta SA_m(f)$ – неопределенность измерения SA (доверительный уровень 95%) как выведено в 4.5.2.2;

$T_{SA}(f)$ – разрешенный допуск для SA.

Если иное явно не указано в стандарте калибровки антенны, требующем использование КИП, разрешенный допуск составляет $T_{SA}(f)$ = 1,0 dB по всему диапазону частот от 30 MHz до 1000 MHz.

Как минимум, должно быть продемонстрировано, что КИП соответствует критериям SA на частотах, перечисленных в таблице 1.

Примечания

1 На частотах от 30 MHz до 40 MHz значение SA_m требует корректировки, если имеет место наклон в конце проволочной антенны:

a) на частоте 30 MHz диполь длиной 4,8 m наклоняется на 16 в конце. Чтобы правильно сравнивать SA_m и S_{ac} надо увеличить SA_m на 0,27 dB, 0,13 dB и 0,08 dB при высоте диполя 1 m, 2 m и 4 m соответственно;

b) если наклон в конце больше чем 20 cm, необходимое увеличение $SA_m(f)$ должно быть вычислено численным путем (см. приложение C.2).

Пример - Если $\Delta SA_t(95\%)$ = 0,2 dB (применение 4.5.2.3) и $\Delta SA_r(95\%)$ = 0,2 dB, тогда $\Delta SA_m(95\%)$ = 0,3 dB. Следовательно, максимально приемлемая разница между расчетным и измеренным затуханием площадки равна 0,7 dB. Максимально приемлемая разница может быть увеличена путем использования приемника с меньшим значением $\Delta SA_r(95\%)$, путем уменьшения допусков различных параметров и путем учета конкретных значений $\Delta SA_t(95\%)$.

4.5.3.2 КИП соответствует требованиям по критерию высоты приемной антенны, соответствующей максимальному SA, если на частотах f_s приведенных в 4.4.3.2 a) выполняется условие:

$$|h_{rc}(\mathrm{m}) - h_{r.max}(\mathrm{m})| < T_{hr}(\mathrm{m}) - \Delta h_{rm}(\mathrm{m}) \qquad (10)$$

где: h_{rc}(m) - теоретическая высота приемной антенны при которой возникает максимум SA, т.е минимум в передаче сигнала, вычисленная в соответствии с приложением C, с использованием данных испытательной антенны после применения 4.3.2.7 и с использованием конкретных геометрических параметров L_a, d, h_t и конкретной частоты f_s;

$h_{r,max}$(m) - измеренная высота приемной антенны в соответствии с процедурой 4.4.5;

O'ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

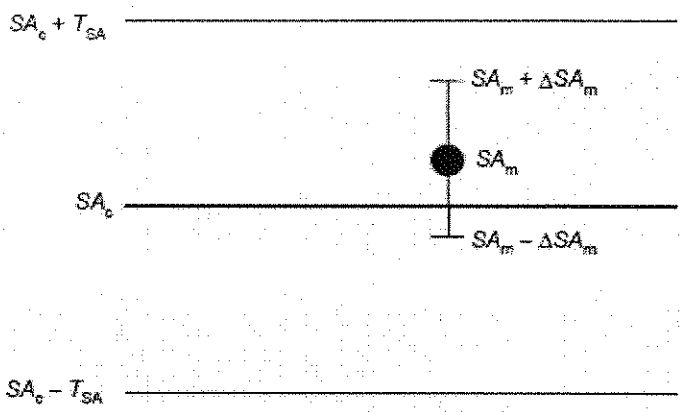


Рисунок 5 – Взаимосвязь между величинами, использованными в критерии соответствия *SA*

Δh_{rm}(m) - неопределенность измерения высоты приемной антенны (доверительный уровень 95%), вычисленная в соответствии с 4.5.2.4;

T_{hr}(m) - разрешенный допуск $h_{r,max}$.

Если нет иных требований в стандарте калибровки антенны, требующих использование КИП, допустимое отклонение приравнивается $T_{hr} = 0{,}05$ m.

Примечание – Один из двух 4.5.3.2 или 4.5.3.3 применимы; см. также 4.4.3.2.

4.5.3.3 КИП соответствует требованиям по критерию частоты, соответствующей максимальному *SA* если при высотах приемной антенны h_{rs}, вместе с антеннами, настроенными на соответствующие частоты f_s, перечисленные в 4.4.3.2 b), выполняется условие:

$$|f_c(\text{MHz}) - f_{\max}(\text{MHz})| < T_f - \Delta f_m(\text{MHz}) \qquad (11)$$

где: f_c(MHz) - теоретическая частота, при которой наблюдается максимум *SA*, т.е. минимум передачи сигнала; частота вычислена в соответствии с приложением С, с использованием данных испытательной антенны после применения 4.3.2.7 и с использованием действительных геометрических параметров L_a, d, h_t и h_{rs};

f_{max} (MHz) - измеренная частота, после применения процедуры, приведенной в 4.4.6;

Δf_m (MHz) – неопределенность измерения частоты (доверительный уровень 95%), выведенный в 4.5.2.6;

T_f – допустимое отклонение f_{max}.

Если в стандарте калибровки антенны, требующей использование КИП, не установлено иное, допустимое отклонение приравнивается $T_f = 0{,}03\, f_c$.

Примечание – Применимы положения либо 4.5.3.2 либо 4.5.3.3; см. также 4.4.3.2.

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

4.6 Отчет о валидации

4.6.1 Введение

Настоящий стандарт устанавливает требования, процедуру валидации и критерии соответствия для КИП. Процесс валидации завершается редактированием и утверждением «Отчета о валидации КИП».

Отчет о валидации предназначен для прослеживания и гарантирования соответствия КИП требованиям, установленным в настоящем стандарте.

Как владелец КИП, так и другие стороны могут быть ответственными за действительную демонстрацию соответствия КИП требованиям.

Отчет о валидации КИП должен соответствовать требованиям, указанным в 4.6.2.

4.6.2 Требования к отчету о валидации

Отчет о валидации КИП должен охватывать множество пунктов, в каждом из которых рассматриваются отдельные аспекты валидации КИП. Каждый пункт и обоснование его включения в отчет о валидации описан ниже.

a) Общие сведения

Общие сведения, как например расположение КИП, ответственное лицо и др. должны быть включены в отчет.

Если валидация проводится другими сторонами/организациями, тогда должны быть указаны эти стороны/организации.

Должна быть описана конфигурация КИП и вспомогательные компоненты с использованием чертежей, фотографий, номеров частей и т.д.

Кроме того, должны быть указаны дата валидации и дата публикации отчета о валидации. Имена ответственных лиц за редактирование и утверждение отчета о валидации, а также их подписи должны быть видны на обложке;

b) Оценка периода действия валидации и ограничивающие условия

Установлено, что соответствие КИП требованиям должно быть продемонстрировано до калибровки антенн (см. 4.2.2 a).

Следовательно, необходимо указать предполагаемый период, в течение которого рассматриваемая КИП будет считаться соответствующей требованиям. Так как КИП может располагаться внутри и вне помещения, то предполагаемый период действия валидации может различаться и подвергаться влиянию различных факторов, как изменение окружающей среды, износ кабеля или ухудшение поглощения. Владелец средств несет ответственность за оценку и декларирование периода действия валидации КИП.

По отношению к оценке действия валидации должны быть определены пункты или аспекты, которые могут подвергаться изменению в течение эксплуатации средства; например, для наружной КИП – это деревья,

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

снег, влажность земли и т.д. В общем, показатель стабильности кабельной разводки, технических средств, антенны и мачт антенны имеет большое значение. Также природные условия, износ инструментов и поглотителей и правильность калибровки аппаратуры может определить период действия валидации КИП.

Вспомогательные средства быстрого измерения или процедуры визуального осмотра могут быть использованы для продолжительной оценки соответствия КИП требованиям.

Специфические условия или ограничения окружающей среды и конфигурации должны указываться явно;

c) Описание и валидация испытательной антенны

Данный пункт отчета о валидации относится к демонстрации соответствия требованиям к антенне.

Испытательные антенны (элементы и симметрирующие устройства) должны соответствовать нормативным спецификациям, приведенным в 4.3.2 и применимым значениям, приведенным в таблице 2.

Каждый пункт нормативной спецификации должен проверяться на соответствие выполнения либо проверкой, либо измерением. Результаты проверки на соответствие должны быть доступны в приложении или в отдельном документе (фотографии, результаты измерения, результаты калибровки, заявления поставщика и т.д.);

d) Испытательная установка

Данный пункт отчета о валидации описывает испытательную установку. Испытательная установка должна соответствовать нормативным спецификациям, приведенным в 4.4.2 и применимым значениям, приведенным в таблице 2.

Каждый пункт нормативной спецификации должен проверяться на соответствие выполнения либо проверкой, либо измерением. Результаты проверки на соответствие должны быть доступны в приложении или в отдельном документе;

e) Измерения при валидации

В данном пункте отчета о валидации должны быть описаны результаты измерений при валидации затухания площадки, выполненных в соответствии с процедурой, приведенной в 4.4.4, частоты испытаний и высоты антенн, приведенные в таблице 1. Кроме того, в данном пункте должны быть представлены результаты измерения со сканированием высот антенны (4.4.5) или со сканированием частот (4.4.6);

f) Расчет затухания площадки антенны и допусков на отклонение

Данный пункт отчета о валидации должен указывать, произведено ли вычисление длины антенны с использованием процедур из приложения С или различными вычислительными процедурами. В данном пункте должны быть представлены результаты вычисления затухания площадки и полной неопределенности измерения с использованием значений по умолча-

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

нию или расчетных значений в случае отклонения от допусков из таблицы 2;

g) Расчет критерия соответствия

В данном пункте отчета о валидации результаты расчетных и измеренных значений *SA* и соответствующие допуски и неопределенности используются в уравнении (9) для определения соответствия в виде функции от частоты. Подобным образом определяется соответствие по критерию высоты (уравнение (10)) или по критерию сканирования частоты (уравнение(11));

h) Окончательное установление соответствия

При условии, что измеренное затухание площадки соответствует уравнению (6) на всех частотах, а также выполнены условия по критерию высоты и частоты, рассматриваемая КИП может быть заявлена как соответствующая требованиям, с учетом периода действия валидации и установленных ограничительных условий и конфигурации, представленных в разделе b).

O ‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Приложение А
(справочное)

Требования КИП

1 Введение

Нормативные требования означают, что в общем случае, КИП также является и ОИП. Однако, нормативные требования не требуют, чтобы КИП всегда представляла собой ОИП. Следовательно, КИП может быть защищена от погодных явлений, расположена в большой соляной шахте, и т.д., при условии выполнения всех нормативных требований.

Более подробно испытательная площадка описана в разделе 5 O‘z DSt CISPR 16-1-4, ниже приводится дополнительная информация.

A.2 Отражающая плоскость

A.2.1 Конструкция отражающей плоскости

Плоскость материала может состоять из твердого листа или проволочной сетки. Швы листа или сетки должны быть приварены непрерывным образом или на расстояниях вдоль швов не более $\lambda_{min}/10$, где λ_{min} - длина волны с самой большой частотой. Если в качестве отражающей поверхности выбрана металлическая сетка, то в местах скрещивания проводов должен быть обеспечен хороший проводящий контакт. Размер ячеек сетки должен быть менее $\lambda_{min}/10$.

Толщина материала определяется требованиями к механической прочности. Проводимость равная или выше чем проводимость железа является достаточно высокой. Форма плоскости не очень важна, если она не является эллиптической (см. A.2.2). Отражающая плоскость не должна быть покрыта защитным слоем значительной толщины, поскольку этот слой может изменить фазу отраженной волны, например, φ упомянутая в 4.4.1 может отличиться от π. Относительно информации о ровности и шероховатости плоскости см. разделе 5 O‘z DSt CISPR 16-1-4. Ровность ±10 mm обычно удовлетворительна для измерений до 1000 MHz.

Горизонтальные размеры плоскости должны быть достаточно большими, чтобы воздействие конечных размеров плоскости на неопределенность, связанной с калибровкой антенны была достаточно низкой. Пока еще нет теоретических моделей взаимосвязи между минимальными горизонтальными размерами плоскости и установленной максимальной неопределенности как результат калибровки антенны. Возможный критерий заключается в том, что первая зона Френеля должна быть охвачена отражающей плоскостью. Это приводит к плоскости с минимальными размерами 20 m (длина) и 15 m (ширина), но плоскости меньшего размера также

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

могут удовлетворять требованиям КИП. Таким образом, при валидации, в случае плоскости 20 m × 15 m, расстояние между проекцией испытательной установки на плоскости и краями плоскости должна быть равна не менее L_a на всех частотах в диапазоне от 30 MHz до 1000 MHz.

А.2.2 Краевые эффекты и среда окружающая отражающую плоскость

При ограничении размеров отражающей плоскости, края плоскости автоматически представляют собой переход к среде с отличающимися отражающими свойствами, вследствие чего электромагнитные волны могут рассеяться на краях и приводить к нежелательному влиянию на результаты измерений. Дифракция на краях обычно заметна для результатов при вертикальной поляризации, но незначительна для результатов при горизонтальной поляризации.

Среди прочего, величина рассеяния зависит от того, находиться ли отражающая плоскость на той же плоскости, что и окружающая почва (влажная или сухая почва уже вносит различия) или она является приподнятой, например, размещенной на крыше. Результаты исследования показывают, что отражающая плоскость не должна иметь форму первого эллипса Френеля, так как в таком случае, неопределенности введенные рассеянием на краю могут накопляться.

Край отражающей плоскости может быть заземлен в нескольких точках в окружающей почве и если почва имеет хорошую проводимость, например, во влажном состоянии, она образует хорошее продолжение к металлической отражающей плоскости.

При наличии отражающих препятствий на расстоянии менее 40 m от границ отражающей плоскости следует убедиться в том, что влияние этих препятствий могут быть проигнорированы (таблицу А.1). Такую проверку можно провести путем измерений с качающейся частотой с использованием диполей фиксированной длины. Такие измерений сопоставимы с теми, которые описаны в 4.4.6. Возможный вариант антенны фиксированной длины (настроенной на частоту f_r), соответствующий диапазон качания частоты и фиксированная высота h_r приемной антенны при установке передающей антенны на высоте h_t = 2 m, приведены в таблице А.1.

При отсутствии аномалий, характеристика будет плавной. При наличии аномалий, на характеристику будут накладываться сравнительно узкополосные резонансы. Эти резонансы определяют точные частоты, на которых отражения от препятствий проявляются хуже. Местонахождение предполагаемого препятствия может быть проверено на этих частотах увеличивая влияние путем размещения металлической пластины, ориентированной под углом так, чтобы получить максимальное влияние.

O'ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Таблица А.1 - Комбинации диполей фиксированной длины, диапазона качающихся частот и высоты приемных антенн

f_r MHz	B_s MHz	h_r MHz
60	30 до 100	4,0
180	100 до 300	1,8
400	300 до 600	1,2
700	600 до 1000	1,4

А.3 Вспомогательное оборудование

Необходимо соблюдать осторожность, чтобы материалы антенной мачты, адаптеры, веревки и соединительные кабели, влажность мачт и веревок, разъемы и наличие поворотного столика, если КИП используется также в качестве ИПОС, не влияли на результаты измерений. Также, в этих случаях, охваченные частоты измерений как упомянуто в А.2 могут выявить возможные проблемы.

O'ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Приложение B
(справочное)

Аспекты испытательной антенны

Пример испытательной антенны представлен в B.1, в то время как в B.2 обсуждается определение свойств симметрирующего устройства от измерений S-параметра, и/или от измерений инжекции, упомянутых в 4.3.2.6.

B.1 Пример испытательной антенны

Пример испытательной антенны, показан в рисунке B.1. Симметрирующее устройство антенны состоит из следующего:

a) гибридный ответвитель с ослаблением 3 dB, с изменением фазы 180°, суммирующее плечо (Σ) которого всегда нагружено на нормативную нагрузку (предположительно равную 50 Ω), а разностное плечо (Δ) является портом ввода / вывода испытательной антенны;

b) полужесткие коаксиальные кабели, соединенные к симметричным портам A и B гибридного ответвителя посредством соединителей высокого качества, например, соединителей SMA. Кабели имеют длину, приблизительно равную 1 m, которая также используется для отдаления проволочной антенны от отражений мачты и ответвителя;

c) ферритовые кольца (F) вокруг полужестких кабелей, ограничивающие индукцию несимметричных токов на симметрирующем устройстве и подключенном кабеле антенны;

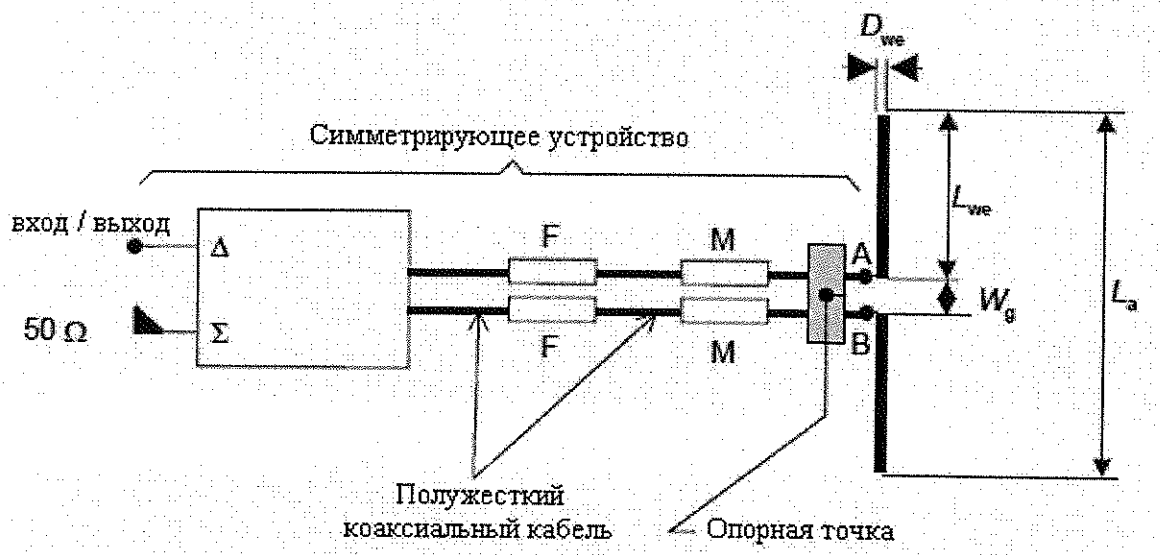
d) аттенюаторы с ослаблением 3 dB на выходном конце полужестких кабелей, служащие как устройства стабилизации полного сопротивления или согласующего устройства (M), к которому подключаются проволочные элементы через соединители SMA. Эти соединители формируют A и B порты (или C и D порты) упомянутые в 4.4.4 и в приложении C. Внешние проводники этих соединителей находятся в электрическом контакте около проволочной антенны. Эта точка контакта является опорной точкой симметрирующего устройства при проведении измерений S-параметров.

Следует отметить, что симметрирующее устройство, рассмотренное выше является только примером полезного симметрирующего устройства. Также могут быть использованы другие типы симметрирующих устройств, при условии выполнения требований, приведенных в 4.3.2.

Проволочный элемент должен иметь такую длину, чтобы после подключения испытательной антенны, выполнялось требование по $L_a(f)$, приведенное в 4.3.2.2 (см. C.1.1 для расчета $L_a(f)$). В таблице C.1 принято предположение, что если $f < 180$ MHz, то диаметр проволочных элементов составляет 10 mm, таким образом, придавая хорошую механическую прочность относительно длинным проволочным антеннам. В таблице C.1 также

© STANDART AXBOROT
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

принято предположение, что на частотах $f \geq 180$ MHz достаточен диаметр элемента 3 mm. На частотах $f < 60$ MHz, элементы могут быть телескопическими или могут быть использованы дипольные антенны фиксированной длины (см. 4.3.2.2).



F = ферритовая цепь

M = согласующее устройство

Примечание – Симметрирующее устройство использует коаксиально гибридный переход.

Рисунок B.1 - Пример испытательной антенны

B.2 Определение свойств симметрирующего устройства

B.2.1 Идеальное симметрирующее устройство без потерь

Идеальное симметрирующее устройство без потерь характеризуется тем, что сигналы на портах A и B точно равны по амплитуде и различаются точно на 180° по фазе, при условии, что все три порты (см. рисунок B.2) нагружены на их нормативную нагрузку. При тех же условиях ни один из портов не отражает входной сигнал, и входной сигнал в порте 2 не передается к порту 3 (или наоборот).

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

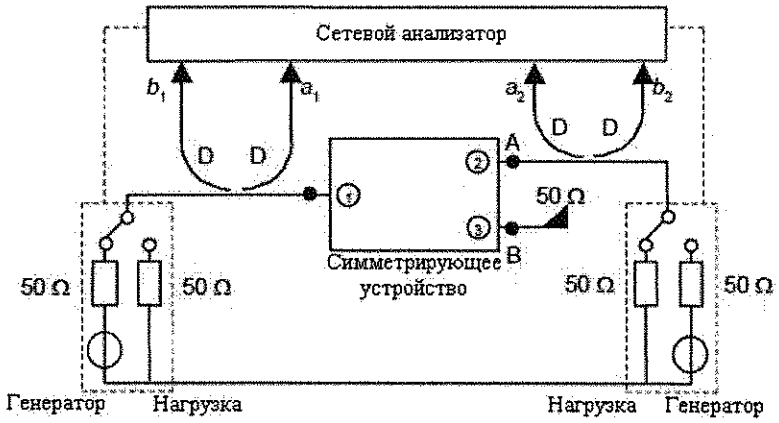


Рисунок В.2 - Схема измерений S_{11} и S_{12} и S_{22} и S_{21} при котором, генератор и нагрузки могут меняться местами (по этой схеме, путем изменения положения переключателя)

Базовая установка для измерения S-параметров приведена на рисунке В.2. Несимметричный порт ввода/вывода симметрирующего устройства пронумерованы как «1», симметричные порты пронумерованы как «2» и «3».

Предполагается, что нормативное сопротивление каждого из этих трех портов равны 50 Ω (см. 4.3.2.5). По сравнению с рисунком В.1 полное симметрирующее устройство (ответвитель, кабели, и т.д.) представлено на рисунке В.2 в виде единой коробки, обозначенной «Симметрирующее устройство». Σ-порт гибридного ответвителя на рисунке В.1 всегда нагружается на его нормативное сопротивление и следовательно, не играет роли.

S-параметр обозначают взаимосвязь между входными волнами, обозначенными на рисунке В.2 как a_1 и a_2, и рассеянными волнами, обозначенными как b_1 и b_2. Входные и рассеянные сигналы измеряются анализатором через направленные ответвители (D). Параметры $S_{11} = b_1/a_1$ и $S_{21} = b_2/a_1$ (при условии, что $a_2 = 0$) измеряются при нагрузке порта 3 на 50 Ω. Меняя местами нагрузку и генератора (изменяя положение обоих переключателей) можно провести измерение $S_{22} = b_2/a_2$ и $S_{12} = b_1/a_2$ (при условии, что $a_1 = 0$). Подобным образом, путем выполнения измерения между портами 1 и 3 при нагрузке порта 2 на 50 Ω получаются значения S_{11} и S_{13}, S_{31} и S_{33}. Наконец, путем выполнения измерения между портами 2 и 3 при нагрузке порта 1 на 50 Ω получаются (снова) значения S_{22} и S_{33}, S_{23} и S_{32}.

Матрица S-параметров для идеального симметрирующего устройства без потерь определяется по следующей формуле:

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

$$\begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \text{(B.1)}$$

В этой S-матрице, $S_{11} = S_{22} = S_{33} = 0$, так как нет отражения в портах. $S_{12} = S_{21} = 1$ и $S_{13} = S_{31} = -1$, так как симметрия идеальна (равные абсолютные значения равны 1, так как данное симметрирующее устройство является устройством без потерь) и сдвиг фазы точно равен 180° (обозначается знаком минус). Наконец, $S_{23} = S_{32} = 0$, так как изоляция между портами 2 и 3 является идеальной.

B.2.2 Взаимосвязь между симметрирующем устройством и S-параметрами

S-матрицу можно преобразовать в матрицу сопротивления, которая обозначает взаимосвязь между входными и выходными токами и напряжениями симметрирующего устройства. При нагрузке порта 1 в нормативное сопротивление и рассматривая только порты 2 и 3 можно написать:

$$\begin{pmatrix} Z_{22} & Z_{23} \\ Z_{32} & Z_{33} \end{pmatrix} = \frac{50}{(1-S_{22})(1-S_{33}) - S_{23}S_{32}} \begin{pmatrix} [(1+S_{22})(1-S_{33}) + S_{23}S_{32}] & 2S_{32} \\ 2S_{23} & [(1-S_{22})(1+S_{33}) + S_{23}S_{32}] \end{pmatrix} \quad \text{(B.2)}$$

следовательно, сопротивление Z_{AB} (см. 4.3.2.5 a) можно представить следующим уравнением:

$$Z_{AB} = \frac{1 - S_{22}S_{33} + S_{23}S_{32} - S_{23} - S_{32}}{(1-S_{22})(1-S_{33}) - S_{23}S_{32}} 100 = R_{AB} + jX_{AB} \quad \text{(B.3)}$$

Для расчета SA_c необходим измереннее значение Z_{AB} (см. приложение C). Сопротивление Z_{CD} для другого симметрирующего устройства, необходимое при расчете определяется подобным образом.

Соответствующий КСВН отвечает требованиям 4.3.2.5 a) и таблицы 2 если выполняется условие

$$Z_{AB} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} < 1{,}10 \quad \text{, где} \quad \Gamma = \frac{Z_{AB} - 100}{Z_{AB} + 100} \quad \text{(B.4)}$$

Примечание - Если сам гибридный ответвитель не соответствует условию (B.4), КСВН может быть снижен с использованием согласованных аттенюаторов (M на рисунке B.1) с очень низким КСВН.

Баланс и смещение фазы конкретного симметрирующего устройства

O'ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

проверяется следующим условием:

$$\frac{S_{12}}{S_{13}} = \frac{S_{21}}{S_{31}} = r_b e^{j\phi_b} \qquad \text{(B.5)}$$

Амплитудный баланс соответствует требованиям 4.3.2.5 b) и таблицы 2, если выполняется условие:

$$0{,}95 < r_b < 1{,}05 \qquad \text{(B.6)}$$

Фазовый баланс соответствует требованиям 4.3.2.5 c) и таблицы 2, если выполняется условие:

$$178° < \left|\frac{180\phi_b}{\pi}\right| r_b < 182° \qquad \text{(B.7)}$$

Изоляция конкретного симметрирующего устройства проверяется рассмотрением значений S_{23} и S_{32}. Она соответствуют требованиям 4.3.2.5 (примечание 4), если выполняется условие:

$$|S_{23}| = |S_{32}| < 0{,}05 \qquad \text{(B.8)}$$

Возможная потеря в конкретном симметрирующем устройстве учитывается при измерении опорного напряжения U_r в процессе валидации КИП. Для симметрирующего устройства, использованного в примере и представленного на рисунке B.1, важный вклад в потерю исходит от согласующих устройств с ослаблением 3 dB.

B.2.3 Измерения вносимой потери

Проверку симметрирующего устройства на соответствие требованиям, установленным в 4.3.2.5 b) и 4.3.2.5 c) можно также осуществить путем измерений вносимых потерь по схемам, изображенным на рисунках B.3 и B.4. Из полученных результатов может быть определен коэффициент ослабления несимметричного напряжения симметрирующего устройства $K_{осу}$.

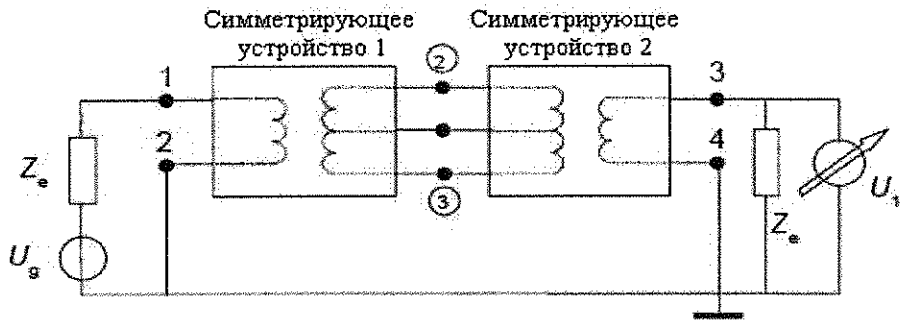


Рисунок B.3 – Схема для определения вносимых потерь $A_1(f)$

O'ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

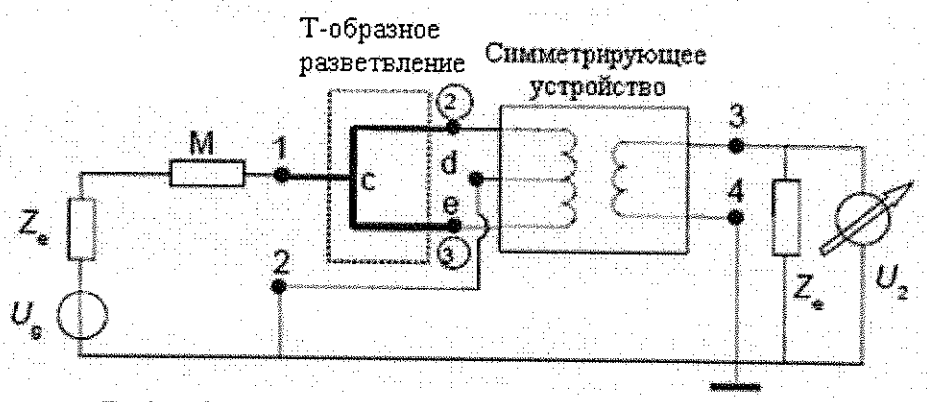


Рисунок В.4 – Схема для определения вносимых потерь $A_2(f)$

Измерения включают в себя определение вносимых потерь $A_1(f)$ двух идентичных симметрирующих устройств, непосредственно связанных как в 4.4.4.1, и определение вносимых потерь $A_2(f)$ одного симметрирующего устройства при параллельном соединении симметричных портов 2 и 3 (см. рисунок В.4). Предполагая, что A_1 происходит от равных вкладов двух симметрирующих устройств, коэффициент ослабления несимметричного напряжения в децибелах определяется выражением:

$$K_{\text{осу}}(f) = A_2(f) - \frac{A_1(f)}{2}, \text{dB} \qquad \text{(B.9)}$$

Можно показать, что симметрирующее устройство соответствует техническим требованиям, а также допускам в таблице 2, при $K_{\text{осу}} > 28$ dB.

В первом измерении вносимых потерь, сначала определяется опорное напряжение $U_{r1}(f)$ как функция частоты в полосе частот, установленной для симметрирующего устройства. Схема измерения соответствует рисунку В.3, но при отсутствии обеих симметрирующих устройств и при коротком замыкании между портами 1 и 3, 2 и 4. Затем измеряется напряжение $U_1(f)$ после вставки двух симметрирующих устройств, непосредственно соединенных между собой (см. рисунок В.3). Тогда $A_1(f)$ в децибелах определяется уравнением:

$$A_1(f) = 20\log_{10}\left(\frac{U_{r1}(f)}{U_1(f)}\right), \text{dB} \qquad \text{(B.10)}$$

Во втором измерении вносимых потерь, сначала определяется опорное напряжение $U_{r2}(f)$ определяются как функция частоты в полосе частот, установленной для симметрирующего устройства. Схема измерения соответствует рисунку В.4, но при отсутствии Т-образного разветвления и симметрирующего устройства и при коротком замыкании между портами 1 и 3, 2 и 4. Затем измеряется напряжение $U_{2a}(f)$ после вставки Т-образного разветвления и симметрирующего устройства, который подлежит проверке (см. рисунок В.4). В этом измерении порты 2 и 3 (см. также рисунок В.2) соединены параллельно посредством Т-образного коаксиального симмет-

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

ричного разветвителя, состоящего из полужестких кабелей с одинаковыми электрическими длинами частей c-d и c-e (полная механическая симметрия). d соединен с портом 2 и e соединен с портом 3. Аттенюатор с ослаблением 6 dB, обозначенный в рисунке B.4 как M, включен во избежание возникновения стоячих волн.

Во избежание ошибок из-за паразитных явлений, последнее измерение повторяется при переключении подключений в Т-образном разветвлении, т.е. d соединен с портом 3 и e соединен с портом 2. Это измерение приведет к напряжению $U_{2b}(f)$. Затем $A_2(f)$ в децибелах определяется уравнением:

$$A_2(f) = 20\log_{10}\left(\frac{U_{r2}}{\max\{U_{2a}(f), U_{2b}(f)\}}\right), \text{dB} \qquad \text{(B.11)}$$

Для идеального симметрирующего устройства $A_2(f) = \infty$ dB на всех частотах.

Примечание - Вместо Т-образного разветвителя с аттенюатором с ослаблением 6 dB может быть использован калиброванный делитель мощности с ослаблением 6 dB. В таком случае, ослабление в делителе мощности должен учитываться при расчете $K_{осу}(f)$.

O'ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Приложение С
(справочное)

Теория антенн и затухания площадки

С.1 Аналитические соотношения

В данном пункте приводиться аналитический подход к вычислению общей длины $L_a(f)$ проволочной антенны (С.1.1) и затухания площадки SA_C (С.1.2). Модель принимает во внимание взаимную связь между передающей и приемной антенной и их образом на отражающей плоскости. Она также учитывает фактическое распределение поля вдоль приемной антенны, т.е. не предполагается, что поле, достигающее приемной антенны, является плоской волной. Единственное предположение заключается в том, что распределение тока по проволочной антенне является синусоидальным.

Значение SA_c, вычисленное от аналитических соотношений, находится в пределах ±0,01 dB от значения SA_c, полученного от точных численных расчетов, при условии что в аналитическом подходе было использовано значение L_a достаточно тонкой проволочной антенны. В контексте этого стандарта R_{we} радиус проводной антенны достаточно тонкий, для выполнения следующего условия:

$$\alpha = 2\ln\left(\frac{L_a}{R_{we}}\right) \text{ с } \alpha \geq 30 \qquad \text{(С.1)}$$

Для полуволновой дипольной антенны ($L_a = \lambda_0/2$) это условие выражается следующим уравнением:

$$R_{we} = \frac{\lambda_0}{2\sqrt{e^{\alpha}}} \text{ с } \alpha \geq 30 \qquad \text{(С.2)}$$

Полностью числовой пример, включая соображения по неопределенностям измерений, приведен в С.1.3. В приложении D приводится компьютерная программа вычисления различных величин измерений.

С.1.1 Общая длина испытательной антенны

По определению, общая длина $L_a(f)$ испытательной антенны на частоте f, т.е. резонансного диполя свободного пространства, можно получить с использованием следующего уравнения:

$$X_a(f, R_{we}) = 0 \qquad \text{(С.3)}$$

где: $X_a(f, R_{we})$ – мнимая часть сопротивления диполя, излучающего в неограниченную среду, т.е. в свободном пространстве;

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

R_{we} - радиус проволочного элемента, предположительно постоянный вдоль его длины (нетелескопических элементов) и намного меньший чем L_a.

Зазор точки питания W_g предполагается бесконечно малым. X_a определяется уравнением:

$$X_a = \frac{\eta}{4\pi} \times [2Si(kL_a) + \cos(kL_a) \times \{2Si(kL_a) - Si(2kL_a)\} - \sin(kL_a)\{2Ci(kL_a) - Ci(kL_a) - Ci(2kR_{we}^2 / L_a)\}] \times \sin^{-2}(kL_a / 2) \quad (C.4)$$

где: $\eta = 377\ \Omega$;
$k = 2\pi/\lambda_0$;
λ_0 - длина волны в вакууме.
$Si(x)$ и $Ci(x)$ определяются следующими уравнениями:

$$Si(x) = \int_0^x \frac{\sin(\tau)}{\tau} d\tau \quad (C.5)$$

$$Ci(x) = \int_\infty^x \frac{\cos(\tau)}{\tau} d\tau \quad (C.6)$$

$$Si(x) = \frac{\pi}{2} - f(x)\cos x - g(x)\sin x \qquad (x \geq 1)$$
$$Si(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^2 x^{2n+1}}{(2n+1)(2n+1)!} \qquad (x < 1) \quad (C.7)$$

и могут быть вычислены достаточно точно уравнениями:

$$Ci(x) = f(x)\sin x - g(x)\cos x \quad (x \geq 1)$$
$$Ci(x) = y + In\, x + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n x^{2n}}{2n(2n)!} (x < 1) \quad (C.8)$$

$$f(x) = \frac{1}{x}\left(\frac{x^4 + a_1 x^2 + a_2}{x^4 + b_1 x^2 + b_2}\right), g(x) = \frac{1}{x^2}\left(\frac{x^4 + c_1 x^2 + c_2}{x^4 + d_1 x^2 + d_2}\right) \quad (C.9)$$

$a_1 = 7{,}241163$ $b_1 = 9{,}068580$ $c_1 = 7{,}547478$ $d_1 = 12{,}723684$
$a_2 = 2{,}463936$ $b_2 = 7{,}157433$ $c_2 = 1{,}564072$ $d_2 = 15{,}723606$

Числовые значения $L_a(f)$ в таблице С.1 были получены из уравнения (С.2), используя уравнения (С.3) и (С.4).

O ‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

С.1.2 Теоретическое затухание площадки

Затухание площадки (*SA*) вычисляется с использованием сетевой модели (рисунок С.1). Генератор РЧ подает сигнал в клеммы питания A и B на симметрирующем устройстве передающей антенны. Сигнал, достигающий клемм питания C и D приемной антенны, измеряется через сопротивление приемника Z_r. Кабели и симметрирующие устройства представлены Т-образными схемами.

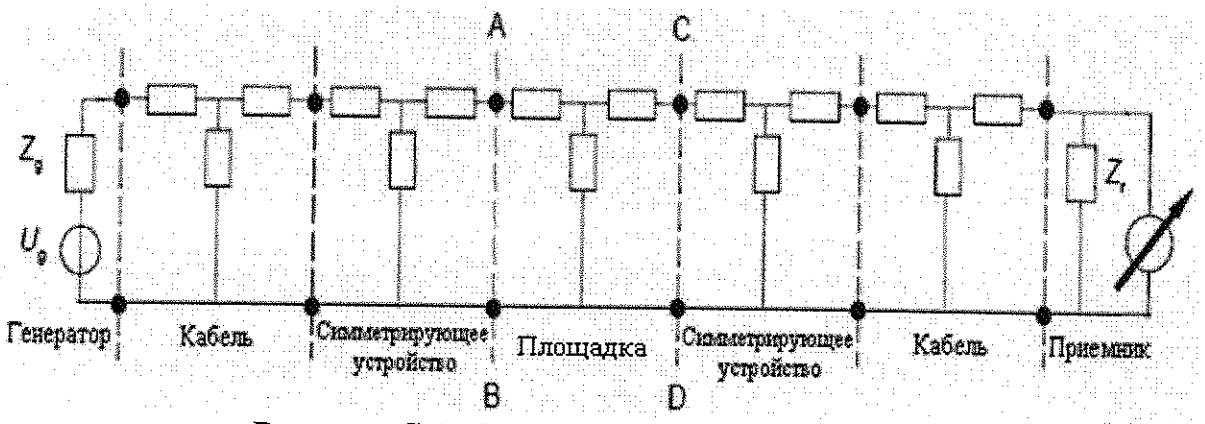


Рисунок С.1 - Модель сети для *SA* расчетов

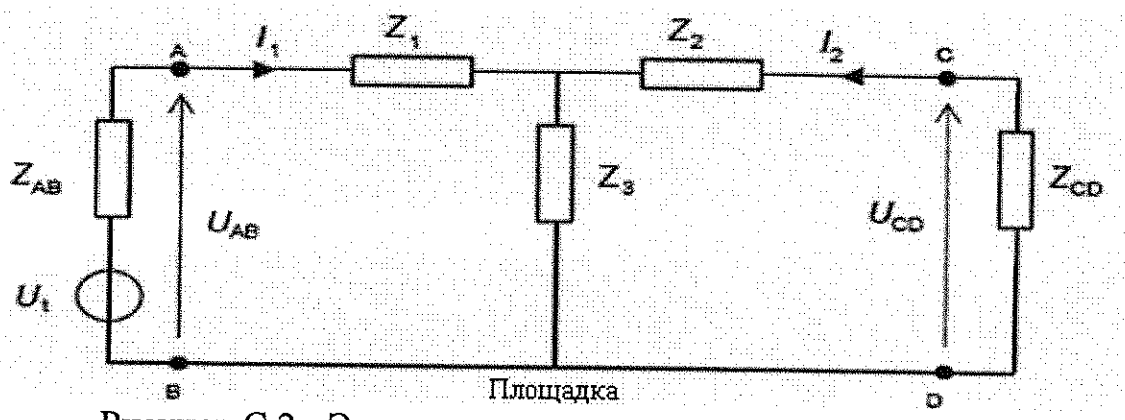


Рисунок С.2 - Эквивалентная цепь в сети на рисунке С.1

O'ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

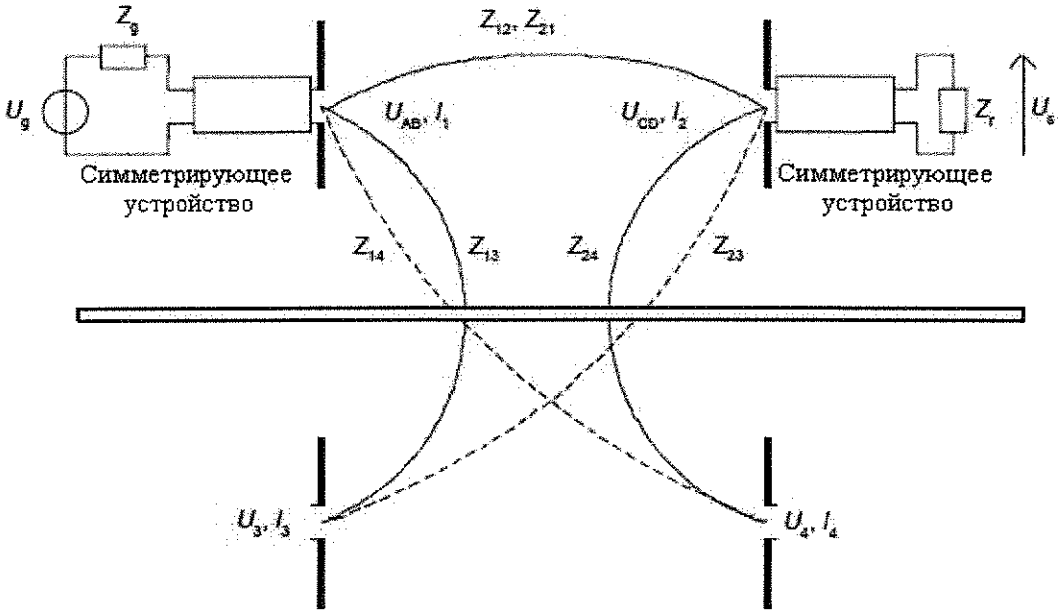


Рисунок С.3 - Определение взаимных связей, напряжения на клеммах питания и антенного тока антенн над отражающей плоскостью и их образов

При измерении опорных напряжений $U_{r1}(f)$ и $U_{r2}(f)$ (см. 4.4.4.1 и 4.4.4.4) клеммы питания A и C соединяются между собой коротким проводником с незначительным сопротивлением. Точно так же соединяются B и D. При измерении $U_S(f)$ (см. 4.4.4.3) с проволочными антеннами, соединенными с клеммами питания и испытательными антеннами в установленных положениях, влияние площадки на передачу сигнала представляется Т-образной схемой с портами AB и CD как на рисунке С.1.

Схема на рисунке С.1 может быть упрощена до размера, указанного на рисунке С.2, на котором Z_{AB} и Z_{CD} - измеренные сопротивления симметричных портов (см. приложение B). Из схемы на рисунке С.2 следует, что при измерении опорного напряжения U_r (так, чтобы $Z_1 = Z_2 = 0$ и $Z_3 = \infty$) выполняется:

$$U_{CD} = U_{CD,r} = \frac{Z_{CD}}{Z_{AB}+Z_{CD}} U_t \qquad (C.10)$$

Также при измерении U_S:

$$U_{CD} = U_{CD,s} = \frac{Z_{CD}Z_3}{(Z_{AB}+Z_1+Z_3)(Z_{CD}+Z_2+Z_3)-Z_3^2} U_t \qquad (C.11)$$

таким образом, расчетное затухание площадки SA_c выражается уравнением:

$$SA_c = \frac{U_{CD,r}}{U_{CD,s}} \frac{(Z_{AB}+Z_1+Z_3)(Z_{CD}+Z_2+Z_3)-Z_3^2}{Z_3(Z_{AB}+Z_{CD})} \qquad (C.12)$$

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Следующий шаг заключается в том, чтобы связать сопротивления Z_1, Z_2 и Z_3 с конкретной ситуацией как в рисунке С.3, т.е. с двумя испытательным антеннами над отражающей плоскостью.

Передача сигнала между передающим портом 1 (клеммы питания A и B) и принимающим портом 2 (клеммы питания C и D) находится под влиянием различных связей между антеннами и их образами. На рисунке С.3 это обозначено сопротивлением передачи Z_{nm} (n, m: от 1 до 4, $n \neq m$).

Напряжение на клеммах U_{AB} и U_{CD} связаны с антенными токами I_1 по I_4, соответствующих четырем антеннам на рисунке С.3.

$$\begin{aligned} U_{AB} &= Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2 + Z_{13}I_3 + Z_{14}I_4 \\ U_{CD} &= Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2 + Z_{23}I_3 + Z_{24}I_4 \end{aligned} \qquad \text{(C.13)}$$

Для теоретической отражающей плоскости и в случае горизонтально поляризованных антенн, расположенных параллельно друг другу, $I_3 = \rho I_1$ и $I_4 = \rho I_2$, где $\rho = re^{j\Phi}$ является комплексным коэффициентом отражения проводящей плоскости. В идеальном случае, ρ = -1 в текущей конфигурации. Кроме того, вследствие взаимности $Z_{12} = Z_{21}$ и $Z_{23} = Z_{14}$. Таким образом, (С.13) сокращается до следующего уравнения:

$$\begin{aligned} U_{AB} &= (Z_{11} + \rho Z_{13})I_1 + (Z_{12} + \rho Z_{14})I_2 \\ U_{CD} &= (Z_{12} + \rho Z_{14})I_1 + (Z_{22} + \rho Z_{24})I_2 \end{aligned} \qquad \text{(C.14)}$$

Из схемы на рисунке С.2 следует, что:

$$\begin{aligned} U_{AB} &= (Z_1 + Z_3)I_1 + Z_3I_2 \\ U_{CD} &= Z_3I_1 + (Z_2 + Z_3)I_2 \end{aligned} \qquad \text{(C.15)}$$

и в результате сравнения с уравнением (С.14) получаем:

$$Z_1 + Z_3 = Z_{11} + \rho Z_{13}, \qquad Z_2 + Z_3 = Z_{22} + \rho Z_{24} \qquad \text{и} \qquad Z_3 = Z_{12} + \rho Z_{14}$$

так что, уравнение (С.12) можно переписать как:

$$SA_C = \frac{(Z_{AB} + Z_{11} + \rho Z_{13})(Z_{CD} + Z_{22} + \rho Z_{24}) - (Z_{12} + \rho Z_{14})^2}{(Z_{12} + \rho Z_{14})(Z_{CD})} \qquad \text{(C.16)}$$

Из уравнения (С.13) следует, что Z_{11} и Z_{22} являются входными сопротивлениями проволочной антенны, излучающей в свободном пространстве, следовательно, при отсутствии отражающей плоскости. Мнимая часть сопротивлений может быть вычислена от $X_{11} = X_{22} = X_a$ как в уравнении (С.4), действительная часть $R_{11} = R_{22} = R_a$ из следующего:

O'ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

$$R_a = \frac{\eta}{2\pi}\{\gamma + \ln(kL_a) - Ci(kL_a) + \frac{1}{2}\sin(kL_a)\times[Si(kL_a) - 2Si(kL_a)]$$
$$+\frac{1}{2}\cos(kL_a)\times[\gamma + \ln(kL_a/2) + Ci(2kL_a) - 2\,Ci(kL_a)]\}\times\sin^{-2}(kL_a/2) \quad \text{(C.17)}$$

Взаимные сопротивления Z_{12}, Z_{13}, Z_{14} и Z_{24} могут быть вычислены с помощью теоремы взаимности Лоренца. В этих расчетах учитывается фактические поля вдоль проволочной антенны, что избавляет от необходимости предположения волн, приходящих в приемную антенну плоскими. Единственное предположение заключается в том, что распределение тока по проволочной антенне является синусоидальным, что допускается, если $L_a(f) \approx \lambda_0/2$ и если R_{we} удовлетворяет условие, приведенное в уравнении (C.1).

Если $Z_{nm} = R_{nm} + jX_{nm}$ ($n = 1, .., 4$, $m = 1, .., 4$, $n \neq m$) то действительная часть определяется по следующей формуле:

$$R_{nm} = \frac{\eta}{4\pi}\times\{2[2\,Ci(kr_{nm}) - Ci(ks_3) - Ci(ks_4)$$
$$+\cos(kL_a)\times[2\,Ci(kr_{nm}) + Ci(ks_1) + Ci(ks_2) - Ci(ks_3) - 2\,Ci(ks_4)] + \sin(kL_a)$$
$$+\sin(kL_a)\times[Si(ks_1) - Si(ks_2) - 2Si(ks_3) + 2\,Si(ks_4)\ ]]\times\sin^{-2}(kL_a/2) \quad \text{(C.18)}$$

и мнимая часть определяется следующим образом:

$$X_{nm} = \frac{-\eta}{4\pi}\times\{2[2Si(kr_{nm}) - Si(ks_3) - Si(ks_4)]$$
$$+\cos(kL_a)\times[2\,Si(kr_{nm}) + Si(ks_1) + Si(ks_2) - 2\,Si(ks_3) - 2\,Si(ks_4)] \quad \text{(C.19)}$$
$$-\sin(kL_a)\times[Si(ks_1) - Ci(ks_2) - 2\,Ci(ks_3) + 2\,Ci(ks_4)]\ \}\times\sin^{-2}(kL_a/2)$$

где r_{nm} - расстояние между центрами антенн n и m, и

$$S_1 = \sqrt{r_{nm}^2 + L_a^2} + L_a$$
$$S_2 = \sqrt{r_{nm}^2 + L_a^2} - L_a \quad \text{(C.20)}$$
$$S_3 = \sqrt{r_{nm}^2 + (L_a/2)^2} + L_a/2$$
$$S_4 = \sqrt{r_{nm}^2 + (L_a/2)^2} - L_a/2$$

Теперь SA_C, как требовалось в 4.5.3.1, может быть вычислен из уравнения (C.16), так как известны все сопротивления в уравнении: Z_{AB} и Z_{CD} из экспериментальных данных (см. приложение B), и другие сопротивления, вычисленные из уравнений (C.4) и (C.17) по (C.20). Эти же уравнения могут быть использованы для расчета $SA_c(h_v)$ на заданной частоте, для оп-

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

ределения $h_{r,\,max}(f_s)$ как требовалось в 4.5.3.2, а также для расчета неопределенности измерений ΔSA_t и $\Delta h_{r,\,max}$ который требуется в 4.5.2.2 и 4.5.3.2.

C.1.3 Количественный пример

Результаты численного примера приведены в таблице C.1: расчет L_a и SA_C; в таблице C.2: расчет ΔSA_t; в таблице C.3: расчет h_{rc} и Δh_{rt}; в таблице C.4: расчет f_c и Δf_t. Пример компьютерной программы приведен в приложении D.

Во всех расчетах высоты приемной антенны и передающей антенны, расстояние по горизонтали между центрами антенн, а также частоты имеют значения, установленные в 4.4. При расчете неопределенности измерений были использованы допуски, приведенные в 4.5.2.1.

В диапазоне 30 MHz $\leq f <$ 180 MHz было предположено, что радиус проволочной антенны R_{we} = 5,0 mm, и R_{we} = 1,5 mm в диапазоне 180 MHz $\leq f \leq$ 1000 MHz.

C.1.3.1 Расчет L_a и SA_c (таблица C.1)

Длина антенны $L_a(f)$ была вычислена из уравнения (C.3). Значение $SA_C(f)$ было вычислено из уравнений (C.17) и (C.20), предполагая, что симметрирующие устройства идеальны и имеют сопротивления симметричных портов с предпочтительным значением $(100 + j0)\ \Omega$ и предполагая, что отражающая плоскость идеальна, т.е. $\rho = -1$.

C.1.3.2 Расчет ΔSA_t (таблица C.2)

Неопределенность измерения ΔSA_t (4.5.2.2) с доверительным уровнем 95% можно вычислить следующим образом:

$$\Delta SA_t = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{\sum_{i=1}^{9} \Delta SA_C^2(i)} \qquad \text{(C.21)}$$

предполагая, что имеет место прямоугольное распределение переменных ΔSA_c(i) и с учетом неопределенностей переменных при $p = 9$: h_r, h_t, d, f, Z_{AB}, Z_{CD}, L_a, A_b и φ_b.

Первые шесть переменных, ΔSA_c можно вычислить по:

$$SA_C(i) = Max\left[Abs\left\{SA_C - SA(p_i \pm \Delta p_i)\right\}\right] \qquad (i = 1,2...,6) \qquad \text{(C.22)}$$

где: SA_c – номинальное значение затухания площадки, рассчитанное в C.1.3.1;

$SA(p_i + \Delta p_i)$ и $SA(p_i - \Delta p_i)$ - расчетные затухания площадки для переменной p, соответственно плюс и минус допуск Δp.

Результаты ΔSA_c при значениях Δh_r, Δh_t, Δd и Δf, установленных в таблице 2, приведены в колонках 3 – 6 таблицы C.2.

Примечание - При расчете влияния Δf, длина антенны L_a остается постоянной, равной L_a при номинальной частоте. В «Процедуре *SA*» компьютерной программы в приложении D, переменная "*f*0" хранит постоянную L_a при изменении переменной «*f*».

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI JORIY ETISH BOSHQARMASI

Таблица С.1 - Количественный пример, расчет L_a, SA_c (см. С.1.3.1)

f, MHz	h_r, m	R_{we}, mm	L_a, m	SA_c, dB	f, MHz	h_r, m	R_{we}, mm	L_a, m	SA_c, dB
30	4,00	5,00	4,803	21,03	16	2,00	5,00	0,885	26,44
35	4,00	5,00	4,112	20,95	180	2,00	1,50	0,797	27,52
40	4,00	5,00	3,594	20,60	200	2,00	1,50	0,716	29,37
45	4,00	5,00	3,192	20,70	250	1,50	1,50	0,572	30,43
50	4,00	5,00	2.870	21,12	300	1,50	1,50	0,476	32,47
60	4,00	5,00	2,388	22,13	400	1,20	1,50	0,355	34,90
70	4,00	5,00	2,043	21,76	500	2,30	1,50	0,283	37,02
80	4,00	5,00	1,785	20,93	600	2,00	1,50	0,236	38,35
90	4,00	5,00	1,585	21,49	700	1,70	1,50	0,201	39,59
100	4,00	5,00	1,425	22,97	800	1,50	1,50	0,176	40,91
120	4,00	5,00	1,185	25,16	900	1,30	1,50	0,156	41,84
140	2,00	5,00	1,013	27,20	1000	1,20	1,50	0,140	42,71

Для сопротивлений Z_{AB} и Z_{CD} в таблице 2 указывается максимальный КСВН = 1,10. В приведенном численном примере, это означает, что граница значений обеих сопротивлений на плоскости сопротивления имеют форму окружности (с центром на $p = 100 + j\,0\ \Omega$, радиусом $\Delta p = 9{,}5\ \Omega$). Исследования показывают, что этого достаточно только для расчетов при $p = (100 \pm \Delta p + j0)$ и $p = (100 \pm j\Delta p)$. Результаты расчетов приведены в столбцах 7 и 8. Обратите внимание, что значения ΔSA_c, приведенные в столбцах 7 и 8 таблицы С.2 равны только в случае $h_r = h_t$

Затухание ΔSA_c, соответствующее L_a, A_b и φ_b можно оценить лишь с помощью численных методов, которые обсуждались в С.2. С помощью этих методов установлено, что $\Delta SA_c(L_a) < 0{,}03$ dB и $\Delta SA_c(A_b, \varphi_b) < 0{,}03$ dB.

В столбце 9 таблицы С.2 приведены значения квадратного корня суммы $\Delta SA_\Sigma = \sqrt{[\Sigma\{\Delta SA(i)\}]}$ шести значений ΔSA_c в предыдущих колонках. Значения с доверительным уровнем 95% в колонке 10 получаются умножением данных в колонке 9 на величину $2/\sqrt{3}$ (см. уравнение (С.21)). Значения с доверительным уровнем 95% ΔSA_t следуют из:

$$\Delta SA_t(\mathrm{CL}=95\%) = \frac{2}{\sqrt{3}}\sqrt{\left\{\sum_{i=1}^{6}\Delta SA_C^2(i)\right\} + \Delta SA_C^2(L_a) + \Delta SA_C^2\left(A_b, \phi_b\right)} \quad \text{(C.23)}$$

Предполагая $\Delta SA_c(L_a) = 0{,}03$ dB и $\Delta SA_c(A_b, \varphi_b) = 0{,}03$ dB получаются значения ΔSA_t, приведенные в колонке 11. В этом примере максимальное значение равняется $\Delta SA_t = 0{,}19$ dB (на 80 MHz). По этой причине, в 4.5.3.1 упоминалось значение $\Delta SA_t = 0{,}20$ dB.

O'ZSTANDART AGENTLIGI
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Таблица С.2 - Количественный пример, расчеты ΔSA_t (см. С.1.3.2)

Частота, MHz	SA_c, dB	Δh_r, ΔSA_c, dB	Δh_t, ΔSA_c, dB	Δd, ΔSA_c, dB	Δf, ΔSA_c, dB	ΔA_{ZB}, ΔSA_c, dB	ΔZ_{CD}, ΔSA_c, dB	КСК, ΔSA_Σ, dB	95% ΔSA_Σ, dB	95% ΔSA_t, dB
30	21,03	0,023	0,018	0,056	0,031	0,110	0,026	0,13	0,15	0,16
35	20,95	0,028	0,020	0,051	0,007	0,080	0,057	0,12	0,13	0,14
40	20,60	0,025	0,024	0,054	0,005	0,059	0,105	0,14	0,16	0,16
45	20,70	0,013	0,028	0,055	0,013	0,036	0,121	0,14	0,16	0,17
50	21,12	0,001	0,033	0,048	0,016	0,010	0,106	0,12	0,14	0,15
60	22,13	0,002	0,044	0,051	0,005	0,027	0,049	0,09	0,10	0,11
70	21,76	0,019	0,050	0,050	0,038	0,061	0,058	0,12	0,14	0,14
80	20,93	0,014	0,041	0,038	0,039	0,104	0,098	0,16	0,18	0,19
90	21,49	0,011	0,012	0,035	0,011	0,121	0,084	0,15	0,18	0,18
100	22,97	0,007	0,021	0,036	0,027	0,106	0,056	0,13	0,15	0,15
120	25,16	0,008	0,039	0,012	0,018	0,051	0,092	0,12	0,13	0,14
140	27,20	0,043	0,043	0,047	0,029	0,055	0,055	0,11	0,13	0,14
160	26,44	0,030	0,032	0,046	0,023	0,097	0,097	0,15	0,18	0,18
180	27,52	0,021	0,021	0,039	0,029	0,086	0,086	0,13	0,16	0,16
200	29.37	0,015	0,015	0,029	0,017	0,057	0,057	0,09	0,010	0,11
250	30,43	0,035	0,019	0,038	0,027	0,089	0,072	0,13	0,15	0,15
300	32,47	0,010	0,008	0,016	0.020	0,075	0,076	0,11	0,13	0,13
400	34,90	0,042	0,054	0,008	0,016	0,084	0,092	0,14	0,16	0,17
500	37,02	0,005	0,006	0,047	0,009	0,068	0,069	0,11	0,12	0,13
600	38,35	0,000	0,004	0,013	0,012	0,075	0,075	0,11	0,12	0,13
700	39,59	0,002	0,046	0,017	0,008	0,080	0,072	0,12	0,14	0,14
800	40,91	0,004	0,051	0,008	0,009	0,071	0,075	0,12	0,13	0,14
900	41,84	0,005	0,018	0,025	0,009	0,075	0,068	0,11	0,12	0,13
1000	42,71	0,011	0,062	0,004	0,010	0,079	0,075	0,13	0,15	0,15
ΔSA(dB) максимальное		0,043	0,062	0,056	0,039	0,121	0,121	0,16	0,18	0,19

Примечание - В нижней строке таблицы приведены максимальные значения из каждого столбца. Три цифры после запятой в столбцах 3 - 8 не имеют практического смысла и приведены только для сравнения результатов расчетов.

С.1.3.3 Расчет h_{rc} и Δh_{rt} (таблица С.3)

В данном подпункте рассматривается $h_{r,\,max}(f_s)$, который установлен в 4.4.3.2 а) и 4.4.5. Значение может быть найдено процедурой, которая осуществляет поиск первого резкого максимума в SA для $h_r > 1$ m. Следует соблюдать осторожность при нахождении резкого максимума, т.е. максимума, связанного с сокращением прямых и отраженных волн у приемной антенны. Результаты h_{rc} (см. 4.5.3.2) в на частотах f_s, установленных в 4.4.3.2 а), приведены в таблице С.3.

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI JORIY ETISH BOSHQARMASI

Также данные в таблице С.3 представляют собой результаты вычислений неопределенности измерения, которые приводят к $\Delta h_{r,max}$, подобных тем, которые приведены в С.1.3.2, с использованием допусков таблицы 2. В случае $h_{r,\,max}$ только допуски Δh_t, Δd и Δf играют значимую роль. Найденное максимальное значение Δh_{rt} (CL = 95%) равно 0,02 m. По этой причине в 4.5.2.5 упоминалось значение 0,025 m.

Таблица С.3 – Количественный пример, расчет h_{rc} и Δh_{rt} (см. С.1.3.3)

Частота MHz 4.4.3.2 a)	h_{rc} m	Δh_t Δh_{rc} m	Δd Δh_{rc} m	Δf Δh_{rc} m	КСК $\Delta h_{rc\Sigma}$ m	95% $\Delta h_{r,t}$ m
300	2,630	0,014	0,010	0,004	0,017	0,020
600	1,284	0,006	0,005	0,005	0,010	0,011
900	1,723	0,008	0,009	0,002	0,013	0,015
максимальный	-	0,014	0,010	0,005	0,017	0,020

С.1.3.4 Расчет f_c и Δf_t

Этот подпункт рассматривает $f_{max}(h_r, f_s)$ как установлено в 4.4.3.2 b) и 4.4.6. Значение может быть найдено процедурой, которая осуществляет поиск максимум в *SA* для установленных комбинаций $\{h_r, f_s\}$. Следует соблюдать осторожность при нахождении резкого максимума, связанного с сокращением прямых и отраженных волн у приемной антенны. Результаты f_c (см. 4.5.3.3) для комбинаций, установленных в 4.4.3.2 b), приведены в таблице С.4.

Таблица С.4 – Количественный пример, расчет f_c и Δf_t

Высота частоты MHz 4.4.3.2 b)	f_c MHz	Δh_r $\Delta f_c/f_c$	Δh_t $\Delta f_c/f_c$	Δd $\Delta f_c/f_c$	КСК $\Delta f_{c\Sigma}/f_c$	95 % $\Delta f_t/f_c$
300/2,65	297,4	0,004	0,006	0,005	0,009	0,010
600/1,30	592,6	0,008	0,005	0,004	0,010	0,012
900/1,70	912,1	0,006	0,005	0,004	0,009	0,010
Максимум	-	0,008	0,006	0,005	0,010	0,012

Также данные в таблице С.4 представляют собой результаты вычислений неопределенности измерения, которые приводят к $\Delta f_t/f_c$, подобных тем, которые приведены в С.1.3.2 с использованием допусков таблицы 2. В случае f_{max} только допуски Δh_r, Δh_t и Δd играют значимую роль. Найденное максимальное значение Δf_t (CL = 95%) равно 0,012 f_c. По этой причине в

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

4.5.2.7 упоминалось значение 0,015 f_c.

С.2 Численные расчеты

В данном подпункте приведен альтернативный подход к вычислению сопротивления антенны, общей длины антенны и минимального затухания площадки. Этот метод использует коммерчески доступную компьютерную программу, основанную на методе моментов, который можно исполнять на персональном компьютере. Пример такой программы - MININEC. Метод не предполагает синусоидальность распределения токов на проволочных антеннах.

В программе антенны представлены прямыми проводами, которые разделены на сегменты с целью анализа. Для достижения точных результатов важно, чтобы сегменты не были слишком длинными и не слишком короткими по сравнению с длиной волны, а также протяженность сегмента была не больше, чем диаметр сегмента. Приблизительно 30 сегментов на половину длины волны приводит к хорошим результатам.

Чтобы проверить, что выбранная сегментация подходит, можно исследовать сходимость расчетных сопротивлений и токов при увеличении числа сегментов. Программа позволяет включить в модель идеально бесконечную проводящую площадку. Программа также позволяет подать напряжение на точку в проводе и подключить сосредоточенную нагрузку к точке провода.

С.2.1 Входное сопротивление антенны

Входное полное сопротивление антенны Z_a в точке питания можно получить на выходе программы.

С.2.2 Общая длина испытательной антенны

Длина антенны выбрана таким образом, что антенна является резонансной (имеет нулевое входное реактивное сопротивление) в свободном пространстве. Длина подбирается итеративно. Начиная с длины, равной половине длины волны, программа определяет входное реактивное сопротивление. Если входное реактивное сопротивление положительно, то длина антенны уменьшается, если отрицательно, то увеличивается. Программа заново определяет реактивное сопротивление для нового значения длины антенны.

Этот процесс изменения длины антенны и вычисления результирующего реактивного сопротивления повторяется, пока модуль входного реактивного сопротивления не будет меньше 1Ω. В результате, антенна имеет корректную длину.

С.2.3 Теоретическое затухание площадки

Геометрия, которая введена в программу метода моментов состоит

O'ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

из двух проводов над идеально проводящей площадкой. Провода имеют корректную высоту и разнос. Провод, представляющий передающую антенну питается напряжением $U_f = 1 + j0$ в центральной точке, а провод, представляющий приемную антенну загружен сопротивлением Z_{CD} (входное сопротивление каскадной комбинации симметрирующего устройства, кабеля приемной антенны и приемника, см рисунок С.2). Параметрами, представляющими интерес на выходном результате программы являются входное сопротивление передающей антенны и амплитуда тока нагрузки.

Тогда, затухание площадки представляется следующим уравнением:

$$SA_c = 20\log_{10}\left\{\frac{U_f}{|I_2|}\left|\frac{Z_a + Z_{AB}}{Z_a(Z_{AB}+Z_{CD})}\right|\right\} \qquad \text{(C.24)}$$

где: I_2 - ток нагрузки (см. рисунок С.2);

Z_a - входное сопротивление передающей антенны (см. В.2.1);

Z_{AB} - входное сопротивление каскадной комбинации симметрирующего устройства, кабеля передающей антенны и генератора;

Z_{CD} - входное сопротивление каскадной комбинации симметрирующего устройства, кабеля приемной антенны и приемника (см. рисунок С.2).

Вышеприведенная формула дает минимальное затухание площадки, которое подходит если симметрирующие устройства соединены между собой. Если вместо этого, кабели из генератора и приемника соединены между собой, то измеренные S-параметры симметрирующего устройства также входят в процесс вычисления затухания площадки.

O'ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Приложение D
(справочное)

Программа на языке Паскаль, использованная в С.1.3

Цель этого приложения в том, чтобы облегчить необходимые вычисления. Следующая программа на языке Паскаль (Турбо Паскаль 7.0) использовалась для вычисления результатов, приведенных в С.1.3. Попыток для оптимизации этой программы не предпринималось.

Программирование в точности основаны на уравнениях в С.1, поэтому ее работу можно легко проверить. Часть {*комментарий*} в конце процедуры PROCEDURE относится к соответствующему уравнению (или уравнениям). Часть после {*Расчет*} состоит только из двух строк, в которых вычисляются L_a и SA_c. Этой части предшествует часть { *входные данные* } за которым следует часть { *выходные данные* }. Последние два раздела могут быть легко адаптированы для осуществления конкретных расчетов.

```
PROGRAM analytical_calculation_SA_ОИП;
USES crt,dos;
LABEL impedance, calculate:
VAR f,f0.laf.la0,wr,ht.hr,d,rab,xab.rcd,xcd,saf.arc,fir: real;
      yn                                          : char;

PROCEDURE cprod(r1, i1,r2.i2:real: var rz.iz:real);
begin
rz:= r1*r2-i1*i2; iz:= i1*r2+rl*i2;
end: {cprod, комплексное умножение}

PROCEDURE fsc(x:real: var fx: real);
var a1.a2.b1,b2.nom.denom:real;
begin
a1 := 7.241163; a2:= 2.463936;
b1:= 9.068580; b2:= 7.157433;
nom:= x*x*x*x+a1*x*x+a2;
denom:= x*x*x*x+b1x*x+b2:
fx:= nom/denom/x;
end; {fsc, уравнение (C.5c)}

PROCEDURE gsc(x:real; var gx: real);
var c1 .c2,d1,d2.nom,denom:real;
begin
c1:= 7.547478; c2:= 1.564072;
d1 :=12.723684; d2:=15.723606;
```

O'ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

```
nom:= x*x*x*x+c1*x*x+c2;
denom:= x*x*x*x+d1*x*x+d2:
gx:= nom/denom/x/x;
end; {gsc, уравнение (C.5c)}

PROCEDURE Si(x:real; var six:real);
var fx.gx:real:
begin
if x>=1 then
begin
fsc(x,fx); gsc(x,gx); six:= Pi/2-fx*cos(x)-gx*sin(x);
end:
if x<1 then
six:=x-x*x*x/18+x*x*x*x*x/600-x*x*x*x*x*x*x/35280;
end; {Si. уравнение (C.5a)}

PROCEDURE Ci(x:real; var cix:real):
var fx,gx.sum: real:
begin
if x>=1 then
begin
fsc(x.fx); gsc(x,gx); cix:= fx"sin(x)-gx*cos(x);
end;
if x<1 then
cix:= 0.577+ln(x)-x*x/4+x*x*x"x/96-
x*x*x"x"x*x/4320+x"x"x*x*x*x*x"x/322560:
end; {Ci, уравнение (C.5b)}

PROCEDURE Ra(f.laf:real; var raf:real);
var kx0,g,k.x,cix,ci2x,six,si2x.ssi,sci:real;
begin
kx0:= 377/2/Pi; g:= 0.577; k:= 2*Pi*f/3E8;
Si(k*laf,six); Ci(k*laf,cix);
Si(2*k*laf.si2x); Ci(2*k*laf,ci2x);
ssi:= si2x-2*six; sci:= g+ln(k*laf/2)+ci2x-2*cix;
x:= k*laf:
raf:= kx0*(g+ln(x)-cix+sin(x)*ssi/2+cos(x)*sci/2)/sin(x/2)/sin(x/2);
end; {Ra. free space, уравнение (C.13)}

PROCEDURE Xa(f,laf,wr:real: var xaf:real);
var kx0,k,x,cix,ci2x,cixa,six,si2x,ssi,sci:real;
begin
kx0:= 377/4/Pi; k:= 2*Pi'f/3E8;
Si(k*laf.six); Ci(k*laf,cix);
```

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

```
Si(2*k*laf.si2x); Ci(2*k*laf,ci2x);
Ci(2*k*wr*wr/laf,cixa);
ssi:= 2*six+cos(k*laf)*(2*six-si2x);
sci:=sin(k*laf)'(2*cix-ci2x-cixa);
x:= k*laf/2;
xaf:= kx0*(ssi-sci)/sin(x)/sin(x);
end; {Xa, уравнение (C.3)}

PROCEDURE la(f,wr:real; var laf:real);
label again;
var del.lat.lao,xat:real;
begin
del:= 0.1; lat:= 3E8/f/2; lao:= lat:
again:
Xa(f,lat,wr,xat):
lat:= lat-del*lat;
if xat>0 then begin lao:= lat; goto again; end:
lat:= lao+1.1*del*lao;
Xa(f,lat,wr,xat);
if abs(xat)>0.00001 then begin del:= del/10; goto again; end:
laf:= lat;
end; {ia. длина антенны (f), уравнение (C.2)}

PROCEDURE Rm(r.f.laf.s1.s2.s3.s4:real; var rmf:real);
var k,fac,kcr,kc1 ,kc2,kc3,kc4,ks1 ,ks2.ks3,ks4,t1 ,t2,t3:real:
begin
k:= 2*Pi*f/3E8; fac:= 377/4/Pi/sin(k*laf/2)/sin(k*laf/2); Ci(k*r,kcr);
Ci(k'sl,kc1); Ci(k*s2,kc2); Ci(k*s3,kc3); Ci(k*s4,kc4);
Si(k'sl,ksl); Si(k*s2,ks2); Si(k*s3,k$3); Si(k*s4,ks4);
t1:=2*(2*kcr-kc3-kc4);
t2:= cos(k*laf)'(2*kcr+kd +kc2-2*kc3-2*kc4);
t3:= sin(k*laf)*(ks1-ks2-2*ks3+2*ks4);
rmf:=fac*(t1+t2+t3);
end; {R-взаимный, уравнение (C.14)}

PROCEDURE Xm(r.f.laf.s1 ,s2,s3,s4:real; var xmf:real);
var k,fac,ksr,kc1 ,kc2,kc3,kc4,ks1 ,ks2.ks3,ks4,t1 ,t2,t3:real:
begin
k:= 2*Pi*f/3E8; fac:= 377/4/Pi/sin(k*laf/2)/sin(k*laf/2);
Si(k*r,ksr);
Si(k*s1,ks1); Si(k*s2,ks2); Si(k*s3,ks3); Si(k*s4,ks4);
Ci(k*sl,kc1); Ci(k*s2,kc2); Ci(k*s3,kc3); Ci(k*s4,kc4);
t1:=2* (2*ksr-ks3-ks4);
t2:= cos(k*laf) * (2*ksr+ks1 +ks2-2*ks3-2*ks4);
```


O ‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

```
t3:= sin(k*laf)*(kc1-kc2-2*kc3+2*kc4);
xmf:=-fac*(t1+t2-t3);
end; {X-взаимный, уравнение (C.15)}

PROCEDURE Dist(r.laf:real: var s1,s2,s3,s4:real);
var sqr1.sqr2:real:
begin
sqr1:= sqrt(r*r+laf laf); sqr2:= sqrt(r*r+laf*laf/4);
s1:=sqr1+laf; s2:= sqrl -laf:
s3:= sqr2+laf/2; s4:= sqr2-laf/2;
end; {Расстояния, уравнение (C.16)}

PROCEDURE SA(f.f0.d.ht.hr.arc.fir.rab.xab.rcd.xcd:real; var saf:real);
var r,r11,x11,r12,x12,r13,x13,r14x14,r22,x22,r24,x24,rrc,irc,
rd.xd.rna.xna,rnb.xnb,rn,xn,s1 ,s2,s3,s4,wr0.la0.alpha :real;
begin
rrc:= arc*cos(fir); irc:= arc*sin(fir); alpha:= 40;
wr0:= 1.5E8/fO/sqrt(exp(alpha)); Ia(f0,wr0,la0);
Ra(f,la0,r11); Xa(fJa0,wr0,x11); r22:= r11; x22:= x11;
r:= sqrt(d*d+(ht-hr)*(ht-hr)); Dist(r,la0,s1,s2,s3,s4);
Rm(r.f.la0,s1,s2,s3,s4,r12); Xm(r,f,la0,s1,s2,s3,s4,x12);
r:= 2*ht; Dist(r.la0.s1,s2,s3,s4);
Rm(r,fja0,s1 ,s2.s3.s4,rd); Xm(r,f,la0,s1 ,s2.s3.s4,xd);
cprod(rrc,irc,rd,xd,r13,x13);
r:= sqrt(d*d+(ht+hr) * (ht+hr)); Dist(r,la0.s1,s2,s3,s4);
Rm(r,f,la0,s1 ,s2,s3,s4,rd); Xm(r,f,la0,s1 ,s2.s3,s4,xd);
cprod(rrc,irc,rd,xd,r14,x14);
r:= 2*hr; Dist(r,la0.s1.s2,s3,s4);
Rm(r,fja0,s1 ,s2,s3.s4,rd); Xm(r,f,la0,s1 ,s2.s3,s4,xd);
cprod(rrc,irc,rd,xd,r24,x24);
cprod(r12+r14,x12+x14,rab+rcd,xab+xcd,rd,xd);
cprod(rab+r11 +r13,xab+x11 +x13,rcd+r22+r24.xcd+x22+x24.rna.xna);
cprod(r12+r14,x12+x14,r12+r14,x12+x14,rnb,xnb);
rn:= rna-rnb; xn:= xna-xnb;
saf:= sqrt((rn*rn+xn*xn)/(rd*rd+xd*xd));
saf:= 20*ln(saf)/ln(10);
end; {SA, Уравнения (C.6) и (C. 12)}

PROCEDURE YesNo(var rk: char):
begin
repeat
rk:= readkey: rk:= upcase(rk);
until (rk= V) or(rk= 'N');
writeln(rk);
```

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

end; *{Да/Нет}*

BEGIN
{входные данные}
clrscr;
write(‘Frequency (MHz)='); read(f); f:= f* 1E6;
write('Radius Wire Antenna (mm)= '); read(wr); wr:= wr*1 E-3;
write('Height Transmitting Antenna (m)='); read(hr);
write('Height Receiving Antenna (m)= '); read hr);
write('Horizontal Antenna Distance (m)='); read(d);
write('ldeal Plane Reflection? (Y/N)='); YesNo(yn); **if** yn='Y' **then**
begin arc:=1; fir:= Pi; **goto** impedance; **end**;
write('Modulus Reflection Coefficient = '); read(arc);
write('Phase Refl. Coef. (Degrees)='): read(fir); fir:= fir*Pi/180;
impedance:
write('ldeal Antenna Impedance (Y/N)= '); YesNo(yn): **if** yn='Y' **then**
begin rab:= 100; xab:= 0; rcd:= 100; xcd:= 0; **goto** calculate: **end**;
write('R-AB (transmit) (Ohm)= '); read(rab);
write('X-AB (transmit) (Ohm)= '); read(xab):
write('R-CD (receive) (Ohm)='); read(rcd);
write('X-CD (receive) (Ohm)= '); read(xcd);

{Расчет}
calculate:
f0:=f
la(f0.wr.laf);
SyA(f,f0,d,ht,hr.arc,fir,rab.xab.rcd,xcd.saf):
{выходные данные} writeln:
writeln('f(MHz)= ',f/1 E6:3:0,' La(m)= \laf:3:3/ SAc(dB)= \saf:3:3);
writeln;
END.

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Приложение Е
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов государственным стандартам Республики Узбекистан

Таблица Е.1

Обозначение и наименование ссылочного государственного стандарта Республики Узбекистан	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
O‘z DSt CISPR 16-1-1:2013 Совместимость технических средств электромагнитная. Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 1-1. Аппаратура для измерения радиопомех и помехоустойчивости. Аппаратура для измерения	CISPR 16-1-1:2003 Аппаратура для измерения радиопомех и помехозащищенности и методы измерений. Технические условия. Часть 1-1. Аппаратура для измерения радиопомех и помехозащищенности. Измерительная аппаратура (Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Measuring apparatus)
O‘z DSt CISPR 16-1-4:2013 Совместимость технических средств электромагнитная. Технические требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 1-4. Аппаратура для измерения радиопомех и помехоустойчивости	CISPR 16-1-4:2003 Аппаратура для измерения радиопомех и помехозащищенности и методы измерений. Технические условия. Часть 1-4. Аппаратура для измерения радиопомех и помехозащищенности. Вспомогательное оборудование. Излученные помехи (Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Ancillary equipment - Radiated disturbances)

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Приложение F
(справочное)

Технические отклонения и объяснение причин их внесения

F.1 Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования международного стандарта в соответствии с O‘z DSt ISO 21:2001.

F.2 Стандарт оформлен с учетом требований O‘z DSt 1.6:2003.

F.3 В стандарт включены отдельные изменения и дополнения. Перечень внесенных модификаций и объяснение причин их внесения приведены в таблице F.1.

Таблица F.1 - Перечень внесенных модификаций

Раздел	Модификация	Объяснение
Раздел 2	Международные стандарты, , CISPR 16-1-1, CISPR 16-1-4, заменены на соответствующие государственные стандарты. Ссылки на указанные стандарты по тексту документа заменены ссылками на соответствующие государственные стандарты	В соответствии с приложением E
	Исключен международный стандарт IEC 60050-161:1990 Международный электротехнический словарь. Глава 161. Электромагнитная совместимость	В соответствии с требованиями O‘z DSt 1.6 (4.8.5.1) данная ссылка считается не допустимой
	Исключены международные стандарты CISPR 14-1, CISPR 16-4-2	В связи с отсутствием ссылок на них по тексту международного стандарта
Раздел 3	Добавлен подраздел сокращения	Включены сокращения, используемые по тексту стандарта

O‘ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Окончание таблицы F.1

Раздел	Модификация	Объяснение
Приложения A, B, C	Исключены подразделы, содержащие перечень справочную литературу и ссылки на них	В соответствии с требованиями O‘z DSt 1.6 (4.8.5.1) данные ссылки считаются не допустимыми
Приложение D, F	Исключены. Текст приложения E включен в приложении D. Ссылки по тексту изменены	В связи с тем, что приложение D содержит ссылку на пункт стандарта, она перенесена в текст. Приложение F содержит справочные сведения, которые не соответствуют требованиям O‘z DSt 1.6
Приложение E	Изменено	Приведены сведения о соответствии ссылочного международного стандарта государственному стандарту Республики Узбекистан
Приложение F	Изменено	Содержит перечень технических отклонений и объяснение причин их внесения

O`ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

УДК 53.082.74 ОКС 33.100.01

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, испытания в области ЭМС, измерения индустриальных радиопомех

O'ZSTANDART AGENTLIGI
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JORIY ETISH BOSHQARMASI

Заместитель директора
ГУП «UNICON.UZ» А.Нигманов

Начальник научно -
исследовательского департамента
радиосвязи, радиовещания,
телевидения и электромагнитной
совместимости З.Хусанов

Ведущий инженер научно -
исследовательского отдела радио-
связи, радиовещания, телевидения А.Усманова

Инженер II категории
службы анализа электромагнитной
совместимости Ф.Рахимгазиев

Нормоконтроль Л.Шаймарданова
17.12.2012

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела радиосвязи,
радиовещания и телевидения
Узбекского агентства связи
и информатизации

Ю.Камалов
письмо от 03.10.2012
№ 20-8/3446

СОГЛАСОВАНО

Начальник ГУП Центр
электромагнитной совместимости

Р.Мансуров
письмо от 14.11.2012
№ 36-18-12/140

СОГЛАСОВАНО

Заместитель председателя
Государственной комиссии
по радиочастотам

А.Гатаулина
письмо от 17.10.2012
№ 2-3/804