

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R SM.1837-1

(08/2013)

Процедура испытаний для измерения уровня точки пересечения третьего порядка (IP_3) приемников радиоконтроля

Серия SM

Управление использованием спектра



Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции МСЭ-R 1. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

Примечание. – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.

Электронная публикация
Женева, 2014 г.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R SM.1837-1

**Процедура испытаний для измерения уровня точки пересечения
третьего порядка (IP_3) приемников радиоконтроля**

(2007-2013)

Сфера применения

Настоящая Рекомендация относится к группе Рекомендаций, в которых описываются методы испытаний для определения технических параметров приемников радиоконтроля, важных для пользователей этих приемников. Если производители следуют описанным методам, то сравнение различных приемников упрощается. В настоящей Рекомендации указывается процедура испытаний для определения точки IP_3 приемника радиоконтроля. Это описание процедуры испытаний рекомендуется всем производителям, при этом преимущество для пользователей таких приемников заключается в возможности проведения более простой и более объективной оценки качества продукта.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a)* что в Справочнике МСЭ по радиоконтролю (издание 2011 г.) опубликованы типичные рекомендуемые технические характеристики аналоговых и цифровых приемников радиоконтроля, но ничего не говорится об описании процедур испытаний, которые кроются за этими характеристиками;
- b)* что определение точки пересечения третьего порядка (IP_3) сильно зависит от применяемых процедур испытаний;
- c)* что уровень IP_3 , указанный в перечне данных приемника, в высшей степени зависит от используемых частот испытаний, разнеса испытательных сигналов, уровней испытательных сигналов и преобладающей в ходе испытаний температуры окружающей среды;
- d)* что характеристика IP_3 непосредственно влияет на пригодность приемника для выполнения определенных задач радиоконтроля, особенно в реальных условиях окружающей среды (сигналы большого уровня на участках спектра около частоты настройки);
- e)* что без определенной процедуры испытаний характеристики IP_3 , публикуемые производителями, можно сравнивать с помощью некоторого преобразования и что выполнить это преобразование может быть сложно или даже невозможно;
- f)* что определяемая процедура испытаний в отношении IP_3 не должна зависеть от конструкции приемника;
- g)* что для пользователей таких приемников преимущество правильно описанной процедуры испытаний в отношении IP_3 (в случае ее принятия всеми производителями приемников радиоконтроля) будет заключаться в возможности проведения более простой и более объективной оценки продуктов, изготовленных различными производителями, не допуская неопределенностей;
- h)* что с дополнительной информацией об этих измерениях IP_3 можно ознакомиться в Отчете МСЭ-R SM.2125 – Параметры ВЧ/ОВЧ/УВЧ приемников и станций радиоконтроля и процедуры измерений при их использовании;
- j)* что при сравнении качества работы двух приемников характеристика IP_3 и коэффициент шума или чувствительность рассматриваются одновременно,

рекомендует

1 использовать метод измерения, приведенный в Приложении 1, в целях определения точки пересечения третьего порядка (IP_3);

2 что каждое значение показателя IP_3 должно сопровождаться значением коэффициента шума или чувствительности в условиях измерения IP_3 .

Приложение 1

Процедура испытаний для измерения уровня точки пересечения третьего порядка (IP_3) приемников радиоконтроля

1 Общие вопросы

Уровень IP_3 зависит от:

- РЧ разнеса между двумя испытательными сигналами;
- РЧ уровня двух испытательных сигналов;
- совокупности частот, выбранных для испытания;
- преобладающей в ходе испытаний температуры.

Кроме того, для правильной оценки уровня IP_3 :

- следует измерять и оценивать обе интермодуляционные составляющие, создаваемые приемником для каждой пары испытательных частот. Если их уровни различны, необходимо рассматривать более высокий уровень;
- не следует допускать дублированных измерений (на так называемых "зеркальных частотах"), поскольку они влияют на среднее значение IP_3 . В результате дублированных измерений получаются сходные значения измерений уровня IP_3 , что в действительности не способствует оценке качества приемника;
- должно быть указано *минимальное значение* уровня IP_3 во всем рабочем диапазоне приемника, которое производитель должен опубликовать в перечне данных приемника. В перечне данных должны быть также опубликованы условия проведения каждого испытания (разнос, уровни испытательных сигналов, эквивалентный минимальный уровень шума на входе, состояние АРУ – включенная или выключенная). Для каждого разнеса должно быть указано значение в отношении условий испытания приемников (описываемых в "определениях"). Поскольку значения IP_3 зависят от частоты, производитель может посчитать необходимым дополнительно указывать IP_3 для отдельных полос или диапазонов частот;
- может также указываться *среднее значение* (арифметическое среднее результатов испытательных измерений).

Определения

К настоящей Рекомендации применяются следующие определения:

- Условие проведения испытаний приемника определяется как "*условие 1*", если оба испытательных сигнала проходят через полный тракт аналогового сигнала, включая аналого-цифровые преобразователи или детекторы. Использование "*условия 1*" рекомендуется для оборудования, которое включает весь процесс обработки сигнала и преобразования аналогового сигнала в цифровой, и представляет полученную информацию, такую как спектр радиочастот, звуковая информация или выходные данные I/Q. Такими устройствами могут быть, например, приемники радиоконтроля, а также анализаторы спектра.
- Условие проведения испытаний приемника определяется как "*условие 2*", если оба испытательных сигнала проходят через тракт аналогового сигнала на аналоговый выход по ПЧ. Применение "*условия 2*" рекомендуется для оборудования, которое содержит только

тракт аналогового сигнала и представляет полученные результаты на основе ПЧ (т. е. ПЧЗ). Такими устройствами могут быть, например, аналоговые устройства настройки, а также модули периферийного оборудования изготовителей комплектного оборудования (ОЕМ).

- Условие проведения испытаний приемника определяется как "условие 3", если один или несколько испытательных сигналов исключаются на том или ином промежуточном отрезке тракта аналогового сигнала приемников. Применение "условия 3" рекомендуется для оборудования, которое содержит только тракт аналогового сигнала и представляет полученные результаты на основе ПЧ, когда различные отрезки ПЧ (например, широкополосная ПЧ2 и ПЧ3 с более узкой полосой) распределяются по различным этапам обработки. Такими устройствами могут быть, например, аналоговые тюнеры, а также внешние модули изготовителей комплектного оборудования (ОЕМ).

2 Основы принципа "уровень точки пересечения третьего порядка (IP₃)"

Два немодулированных испытательных сигнала одинаковой среднеквадратической мощности P_{in} на частотах f_1 и f_2 ($f_1 < f_2$) подаются на антенный вход приемника. Ввиду наличия нелинейностей могут появиться две интермодуляционные составляющие на частотах $f_3 = \{(2 \times f_1) - f_2\}$ и $f_4 = \{(2 \times f_2) - f_1\}$.

Уровень IP₃ затем рассчитывается следующим образом:

$$IP_3 = P_{in} + a/2,$$

где:

- P_{in} : измеренная среднеквадратическая мощность каждого из двух поданных испытательных сигналов (дБм);
- a : разница (дБ) между уровнем поданных испытательных сигналов и уровнем интермодуляционных составляющих в точке измерения. Если интермодуляционные составляющие имеют разный уровень, то учитывается больший из них.

Изменение минимального уровня шума приемников

Эквивалентный минимальный шум на входе испытываемого приемника измеряется в течение всего измерения IP₃ при подаче и при отсутствии подключаемых испытательных сигналов. Подробная информация о частотах, используемых для этого испытания (f_5 и f_6), размещена в пункте "измерение уровней".

Условия проведения испытаний на экспериментальном стенде

При проведении этого измерения важно иметь достаточную развязку между двумя источниками испытательных сигналов во избежание появления интермодуляционных составляющих, создаваемых в выходных каскадах источников на частотах f_3 и f_4 . Может быть необходимо использовать такие устройства, как вентили, постоянные аттенюаторы, развязывающие усилители или сумматоры мощностей Уилкинсона с большой развязкой. Могут также понадобиться фильтры низких частот для ослабления сигналов вторых гармоник источников.

В целях проверки надежности всех этих устройств испытательной установки измерение IP₃ на экспериментальном стенде может быть выполнено без подсоединения испытываемого приемника. Значение IP₃ экспериментального стенда должно быть, по крайней мере, на 10 дБ лучше ожидаемого значения IP₃ приемника.

Измерение уровней

Уровни измеряются с использованием встроенного индикатора уровня приемника на частотах f_1, f_2, f_3, f_4 , а также на частотах f_5 и f_6 для обеспечения постоянного эквивалентного минимального уровня шума на входе приемника. Частоты f_5 и f_6 представляют соседние каналы полосы пропускания BW приемника ($f_5 = f_3 - BW$ и $f_6 = f_4 + BW$). Уровни на частотах f_5 и f_6 измеряются при подключенных и отключенных испытательных сигналах. Встроенный индикатор уровня должен быть откалиброван в диапазоне амплитуд ожидаемых измеряемых уровней сигнала. Максимально допустимая абсолютная

ошибка составляет ± 1 дБ, а разрешающая способность цифровой индикации индикатора уровня должна быть $\leq 0,1$ дБ. Если имеется выход по ПЧ, то допускается также использование анализатора спектра или измерительного приемника, на которые подается тот же выходной сигнал ПЧ приемника, что и на индикатор уровня, в этом случае применяются те же требования к калибровке и точности, что и для встроенного индикатора приемника, однако может быть использован относительно узкополосный измерительный фильтр, с тем чтобы справиться с трудностями, возникающими при измерении значения P_3 приемников с узкой полосой пропускания.

Фазовый шум

Если уровни интермодуляционных составляющих на частотах f_3 и f_4 близки к минимальному уровню фазового шума или скатам фазового шума, то измеряемые уровни будут представлять собой уровень интермодуляционных составляющих плюс шум. Реальный уровень интермодуляционных составляющих может быть получен путем вычитания вносимого шума.

Разнос частот испытательных сигналов

Разнос частот f_1 и f_2 выбирается в соответствии с п. 3, ниже, и, таким образом, оба испытательных сигнала будут соответствовать либо условию 1, либо условию 2, либо условию 3.

Должна быть указана выбранная полоса пропускания, использованная в ходе измерения.

В качестве испытательных сигналов выбираются, по крайней мере, две пары частот на октаву, равномерно распределенные по всему диапазону частот приемника. Публикуемые значения P_3 должны быть действительны во всем номинальном диапазоне температур, указанном в перечне данных. Ограничения при их наличии упоминаются в перечне данных. Если существует переменный входной аттенюатор, то в ходе испытаний он должен быть установлен на значение ослабления, равное 0 дБ. В любом другом случае, например, если конструкция приемника не позволяет изменять ослабление вручную, должны быть указаны значение ослабления, использованное при испытаниях, и причина, по которой было использовано значение, отличающееся от 0 дБ. Для предоставления более полных характеристик приемника могут быть приведены измеренные показатели работы при нескольких установках ослабления. Подготовка приемника должна осуществляться при нормальных условиях работы, и в зависимости от измерения следует указывать, подключена или отключена АРУ.

Конфигурация испытываемого приемника

Если имеется отключаемый предварительный усилитель, то измерения должны выполняться в условиях "предусилитель выключен". Некоторые конструкции приемников не допускают наличия физического выключения усилителя, но в них используется сочетание аттенюаторов с переменным шагом ослабления. При этом сочетании усилителя и аттенюатора усиление должно быть установлено на 0 дБ.

3 Определение процедуры испытаний для измерения уровня точки пересечения третьего порядка приемников для диапазонов частот от 9 кГц до 30 МГц и от 20 МГц до 3000 МГц

Параметры для испытания P_3 должны выбираться в зависимости от типичного использования самого приемника. Иногда бывает сложно осуществить сравнение приемников, если области их применения перекрываются. Подход настоящей Рекомендации заключается в проведении испытаний приемников в сравнимых условиях и в том, что:

- необходимо следовать основным соображениям, изложенным в п. 2;
- допустимый диапазон уровней испытательных сигналов f_1 и f_2 на антенном входе приемника радиоконтроля составляет -30 дБм – 10 дБм;
- полоса пропускания фильтра ПЧ или разрешение по полосе пропускания (RBW) для измерения могут быть выбраны производителем, однако это решение должно быть реальным для данного типа приемника и предполагаемого применения. Выбранная полоса пропускания (BW) для диапазона частот от 9 кГц до 30 МГц должна быть ≤ 5 кГц, а для диапазона частот от 20 МГц до 3000 МГц она должна быть ≤ 30 кГц;

- приемники должны испытываться в зависимости от диапазона разноса испытательных частот. Должен использоваться гармонически увеличивающийся список, начинающийся с 1 Гц и затем увеличивающийся от 3 Гц, 10 Гц, 30 Гц, 100 Гц, 300 Гц, 1 кГц, 3 кГц до 300 МГц. Для многих приемников и применений нецелесообразно оценивать весь диапазон разносов частот. Может быть выбран иной разнос частот для первой и последней частоты в списке. Однако между этими начальной и конечной частотами необходимо проводить измерения с использованием всех разносов частот;
 - допуск разноса частот должен составлять $\leq 1\%$;
 - измеренные значения IP_3 должны быть сведены в одну таблицу с указанием условия 1, условия 2 и условия 3 проведения измерений, или в отдельные таблицы, в зависимости от числа условий. Для каждого измерения в таблице должны быть приведены использованный разнос частот, указание того, в соответствии с каким условием (1, 2 или 3) выполнено измерение, и измеренное значение IP_3 ;
 - каждая запись в таблице должна сопровождаться примечанием в отношении того, отражает ли выполненное измерение условие практического использования приемника в реальной жизни. Дополнительная информация, описывающая условия измерений, может быть приведена в нижней части таблицы.
-