

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R RS.1858
(01/2010)

**Определение характеристик
и оценка совокупной помехи
от многих источников излучений,
производимых индустриальными
источниками питания, причиняемой
работе датчиков спутниковой
службы исследования Земли (ССИЗ)
(пассивной)**

Серия RS
Системы дистанционного зондирования



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 1 МСЭ-R. 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 службой
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 1 МСЭ-R.

Электронная публикация
Женева, 2010 г.

© ITU 2010

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R RS.1858

Определение характеристик и оценка совокупной помехи от многих источников излучений, производимых промышленными источниками питания, причиняемой работе датчиков спутниковой службы исследования Земли (ССИЗ) (пассивной)

(Вопрос МСЭ-R 243/7)

(2010)

Сфера применения

В данной Рекомендации содержится информация, касающаяся определения характеристик и оценки совокупной помехи от многих источников излучения, производимых промышленными источниками питания, причиняемой работе пассивных датчиков. Во-первых, перечислены различные источники помех. Далее определены статистические моменты совокупной помехи. В заключении рассмотрены результаты динамического моделирования, с помощью которого проверяется методика суммирования помех.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что пассивные датчики применяются для дистанционного зондирования Земли и ее атмосферы спутниками исследования Земли и метеорологическими спутниками в определенных полосах частот, распределенных спутниковой службе исследования Земли (ССИЗ) (пассивной);
- b) что результаты деятельности этих пассивных датчиков важны и широко используются в метеорологии, климатологии и других отраслях науки для эксплуатационных и научных задач;
- c) что пассивные датчики, работающие в ССИЗ (пассивной), чувствительны к любому излучению в пределах распределенной им полосы частот;
- d) что любые промышленные излучения в полосах частот распределенных ССИЗ (пассивной), могут вызывать ухудшение работы пассивных датчиков, использующих этих полосы, а, следовательно, могут влиять на их функционирование;
- e) что пассивные датчики могут не иметь возможности отличить естественные излучения от промышленных, и что из результатов работы пассивных датчиков будет невозможно выделить мощность промышленных излучений;
- f) что необходимо определить характеристики источников помех работе пассивных датчиков;
- g) что необходимо разработать соответствующие методики для оценки совокупного воздействия помех на работу пассивных датчиков,

отмечая,

- a) что в Рекомендациях МСЭ-R RS.515, МСЭ-R RS.1028 и МСЭ-R RS.1029 приведены общие эксплуатационные характеристики, эффективность и критерии защиты ССИЗ (пассивной);
- b) что в Рекомендации МСЭ-R SM.1633 рассматривается влияние промышленных излучений на ССИЗ (пассивную) в определенных полосах частот в диапазоне от 1,4 до 60 ГГц, обусловленных работой некоторых активных служб в определенных соседних или близлежащих полосах частот;
- c) что в Рекомендации МСЭ-R SM.1542 содержится информация, касающаяся технологий, которые могут использоваться в датчиках ССИЗ (пассивной) для смягчения воздействия нежелательных излучений,

рекомендует,

1 что для оценки совокупной помехи пассивным датчикам, обусловленной помехами со стороны многих источников промышленных излучений, следует использовать методику из Приложения 1.

Приложение 1

Определение характеристик помехи от многих источников излучений, производимых промышленными источниками питания, причиняемой датчикам ССИЗ (пассивной), и методика оценки этой помехи

1 Введение

Датчики ССИЗ (пассивной) это в основном радиометры, предназначенные для измерения естественных излучений в рассматриваемом диапазоне частот. Датчики ССИЗ (пассивной) уязвимы для излучений со стороны наземных передатчиков, включая отдельные передатчики высокой мощности, и для совокупных излучений плотно распределенных передатчиков низкой мощности. Передатчики космического базирования могут вносить свой вклад в энергию, принимаемую датчиком, либо опосредованно за счет отражения сигнала от Земли на антенну датчика, либо напрямую через основной и боковые лепестки антенны. Промышленные излучения имеют разные характеристики, которые отличают их от естественных микроволновых излучений. Хотя эти характеристики в отдельных источниках присутствуют в разной степени, совокупность большого количества источников может не иметь характеристик, позволяющих выделять их среди естественных излучений планеты.

Параметры, требуемые для определения характеристик помех работе датчиков ССИЗ (пассивной), включают в себя:

- диапазон частот датчиков ССИЗ (пассивной);
- мощность всех источников промышленного излучения в направлении на датчик;
- чувствительность работы датчиков ССИЗ (пассивной) к присутствующей мощности промышленных излучений;
- рассеяние на поверхности Земли, на компонентах атмосферы и на других объектах; поглощение в атмосфере и потери в открытом космосе.

Для того чтобы определить характеристики ухудшения показателей работы датчиков ССИЗ (пассивной) под воздействием всех источников промышленных излучений, необходимо:

- создать эталон для измерения ухудшения показателей работы датчиков ССИЗ (пассивной);
- определить характеристики источников промышленных излучений в соответствии с их классами и характеристиками излучения;
- оценить классы источников промышленных излучений в соответствии со степенью их воздействия на работу датчиков ССИЗ (пассивной);
- оценить ухудшение, вызванное каждым значимым классом излучений, и их совокупное воздействие на работу пассивных датчиков.

2 Определение характеристик источников помех

Важной характеристикой источников промышленных излучений в отношении ухудшения данных, принимаемых от датчиков ССИЗ (пассивной), является объем и изменчивость энергии, которую эти источники излучают в полосе пропускания датчика ССИЗ (пассивной). Ухудшение показателей работы датчиков ССИЗ (пассивной) из-за промышленных сигналов можно охарактеризовать при помощи совокупных источников промышленного излучения относительно чувствительности датчиков ССИЗ (пассивной) к имеющимся характеристикам мощности излучения. Чувствительность пассивных датчиков к мощности промышленного излучения зависит от эксплуатационных параметров датчиков, обусловленных определенными характеристиками мощности промышленного излучения. В качестве эталона для оценки помех может использоваться общая *допустимая* мощность излучения на входе датчика согласно Рекомендации МСЭ-R RS.1029.

Отдельные источники характеризуются сначала по классу услуг, а затем по типу излучений. В том что касается класса услуг, источники мощности промышленных излучений подразделяются на несколько точно определенных групп:

- службы радиосвязи и радиоопределения;
- другие источники.

Службы радиосвязи и радиоопределения – это службы, перечисленные в Статье 1 Регламента радиосвязи (РР). Для того чтобы упростить анализ, службы радиосвязи разделены на две большие группы:

- 1 наземные;
- 2 космические.

Другие источники промышленного излучения разделены на следующие три группы:

- 1 устройства радиосвязи малого радиуса действия¹ (SRD);
- 2 оборудование промышленного, научного и медицинского применения (ПНМ)²;
- 3 электрические устройства или установки³.

По типам излучения службы радиосвязи и другие источники сгруппированы, как определено в РР:

- 1 мощность излучений в пределах необходимой ширины полосы⁴;
- 2 мощность излучений области внеполосных излучений⁵; и
- 3 мощность излучений области побочных излучений⁵.

Следует рассмотреть работу датчиков в полосе частот, используемой исключительно пассивными службами, работу датчиков в полосе частот, используемой и пассивными, и активными службами, применение технологий подавления помех или другие обстоятельства, которые имеют значение для оценки воздействия промышленных помех на работу датчиков. Полосы частот, используемые исключительно пассивными службами, перечислены в п. 5.340 РР. Следует, однако, заметить, что в некоторых полосах частот из перечисленных п. 5.340 РР допускается использование уведомлений для определенных активных служб, как указано в примечании. Поэтому нужно обратить внимание на то, чтобы существующие условия для данного конкретного датчика были бы точно определены.

¹ Рекомендация МСЭ-R SM.1538-2.

² Пункт 1.15 РР.

³ Пункт 15.12 РР.

⁴ Пункт 1.152 РР.

⁵ Определено в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R SM.1541-1.

3 Методика суммирования помех

В исследованиях МСЭ-R, касающихся многих служб радиосвязи, которые влияют на ССИЗ (пассивную), применяются следующие основные принципы:

- необходимо учитывать все соответствующие положения РР и Рекомендаций МСЭ-R:
 - а) следует рассматривать все соответствующие критерии помех, в частности, различия между внутрислужбовыми и нежелательными излучениями затронутых служб радиосвязи;
 - б) для каждой полосы следует отдельно рассматривать относительное воздействие на пассивную службу каждой затронутой службы радиосвязи, по отношению к другим затронутым службам радиосвязи;
- для полос частот пассивных служб, перечисленных в п. 5.340 РР, положение гласит, что "запрещены все излучения".

Критерии помех из Рекомендации МСЭ-R RS.1029 определяют порог помех и процент времени, в течение которого этот порог не должен превышаться. Этот процент времени называется критерием доступности данных. Как правило, первый этап оценки помех состоит в вычислении совокупных помех в пределах зоны обслуживания антенны датчика, в которой, как считается, создаются наибольшие помехи. Обычно это делается при помощи статичного вычисления для наихудшего случая. Если в результате этого вычисления получается уровень помех, превышающий допустимое значение, тогда проводится динамическое моделирование для определения того, соответствует ли совокупная помеха критерию доступности на всемирной или региональной основе. Однако важны не только всемирные или региональные статистические данные, но и статистические данные наихудшего случая помех в зоне обслуживания антенны. Например, источники излучения в этой зоне обслуживания могут работать периодически, или могут изменяться направления наведения их антенн. Поэтому в наихудшем случае мощность помех в зоны обслуживания будет иметь некое распределение вероятностей, так же как и помехи на всемирной или региональной основе будут иметь некое распределение вероятностей из-за изменения географических координат расположения источника излучения. Основным отличием является то, что помехи на всемирной основе анализируются при помощи динамического моделирования, а для наихудшего случая в зоне обслуживания в тех случаях, когда в течение заданного периода времени необходимые данные для динамического моделирования собрать сложно, помехи можно проанализировать также при помощи методов Монте-Карло.

Эти виды моделирования, динамическое или Монте-Карло, обычно выполняются, когда рассматривается только один тип службы, создающей помехи. Вопрос заключается в том, как работать при наличии нескольких служб, создающих помехи, так как в одном моделировании не всегда можно учесть все службы, создающие помехи.

Одним из способов сделать это является допущение того, что изменяющаяся во времени совокупная помеха, создаваемая любой службой радиосвязи, состоит как из долговременных, так и из кратковременных составляющих. Как правило, кратковременные помехи от разных служб не коррелированы и происходят неодновременно. Следовательно, кратковременные помехи суммируются не по мощности, а по времени. С другой стороны, долговременные помехи суммируются по мощности, а не по времени. Проблема этого подхода состоит в том, что для пассивного зондирования нет критерия долговременных помех, поэтому не существует способа решить, является ли долговременная составляющая совокупной помехи чрезмерной. Более того, как будет видно далее, обычно любой заданный сценарий помех демонстрирует и кратковременные, и долговременные составляющие, и это значит, что помеха суммируется и по мощности, и по времени.

Другим способом расчета, в котором не надо различать кратковременные и долговременные помехи, является методика статистических моментов, которая будет рассматриваться в остальной части данного приложения. Для того чтобы рассчитать уровень совокупных помех в пределах полосы частот датчика, можно сначала выполнить статистическое описание помех, создаваемых каждой службой. Конечной целью является определение уровня совокупных помех, который превышает в течение короткого периода времени.

Пусть μ_k и σ_k^2 означают среднее (W) и переменное (W^2) значение уровня помех на входе пассивного датчика от k -ой службы. В динамическом моделировании или моделировании Монте-Карло μ_k будет суммой уровней помех для k -ой службы, полученной из множества отсчетов мощности помех на входе пассивного датчика, разделенной на количество отсчетов. Значение σ_k^2 это сумма квадратов отклонений отсчетов помех по мощности на входе пассивного датчика от величины μ_k , разделенной на количество отсчетов. Нет необходимости знать распределение вероятности помех от каждой отдельной службы.

Допуская, что вклады помех от разных активных служб не зависят друг от друга, моменты совокупного распределения можно выразить как:

$$\mu = \sum_{k=1}^K \mu_k \quad \text{и} \quad \sigma^2 = \sum_{k=1}^K \sigma_k^2, \quad (1)$$

где K – это количество служб, создающих помехи. Это соответствует действительности вне зависимости от распределения вероятностей помех со стороны каждого отдельного источника. Фактически, если службы, создающие помехи, статистически независимы, то средние и изменяемые значения уровней помех являются единственными дополнительными величинами, которые существуют в статистическом смысле. Моменты сами по себе не представляют основного интереса. Что действительно необходимо, так это совокупный уровень P , который превышает в течение небольшого периода времени, например, 0,1 или 0,01%. Уровнем, который превышает в течение небольшого периода времени, является средний уровень плюс определенное количество стандартных отклонений от среднего уровня.

Поэтому P можно выразить как $\mu + c\sigma$, где c – это постоянная, выведенная при помощи статистической информации, полученной из динамического моделирования каждой службы. Для k -ой службы определяем моменты, совокупное распределение помех и выполняем вычисление

$$c_k = \frac{P_k - \mu_k}{\sigma_k}, \quad (2)$$

где P_k – это уровень помех от k -ой службы, который превышает в течение небольшого периода времени. Точно также вычисляем c_k для каждой службы. Разумной оценкой значения c для совокупного распределения является взвешенное усредненное значение каждой отдельной c_k :

$$c = \frac{\sum_k P_k c_k}{\sum_k P_k} \quad (3)$$

Поэтому доминирующая служба, создающая помехи, определяется как служба, имеющая самое большое значение P_k , и самый большой вес при определении c . Тогда значение c из каждого уравнения (3) можно использовать для оценки уровня совокупных помех, который превышает в течение небольшого количества времени.

Когда в совокупности учитываются службы, создающие помехи за пределами полосы частот, наиболее удобно основывать вычисляемый запас на уровнях помех в совпадающем канале, и учитывать внеполосное подавление, которое уже существует в составе любого подавления помех, которое могут предоставить эти службы.

Для того чтобы эта методика работала на практике, следует изменить используемые в настоящее время программы динамического моделирования или моделирования по методу Монте-Карло так, чтобы они вычисляли не только совокупное распределение помех, но и описанные выше моменты. Если этого не сделать, то расчет моментов может стать трудоемким. Конечно, если проводимые моделирования уже учитывают все возможные службы, создающие помехи, то уровень совокупных помех, который превышает в течение небольшого периода времени, можно определить напрямую без вычисления статистических моментов. Это соответствует действительности вне зависимости от того, зависят друг от друга службы, создающие помехи, или нет.

4 Пример, подразумевающий нормально распределенные комплексные статистические данные

Самой простой ситуацией является ситуация, когда предполагается, что по мере увеличения количества служб, создающих помехи, распределение вероятности уровня совокупных помех от всех служб приближается к нормальному распределению. Если предположить, что это так, и если P является совокупным уровнем, который превышает в течение не более 1% времени, тогда из таблиц интегралов нормального распределения вероятности мы получаем $P = \mu + 2,33\sigma$. Если, напротив, требования по доступности данных составляют 0,1% или 0,01%, тогда согласно таблицам интегралов нормального распределения вероятности, c будет равно 3,09 или 3,72 соответственно.

Предположим, что пассивная служба имеет критерий помех -160 дБ(Вт/100 МГц), или 10^{-16} (Вт/100 МГц), с требованием доступности данных 0,1%. Изначально имеется две службы, создающие помехи, а в ходе динамического моделирования определено, что средние и стандартные отклонения уровней помех со стороны этих двух служб (предполагается, что они работают в совпадающем канале с датчиком) имеют значения $\mu_1 = \sigma_1 = 10^{-17}$ (Вт/100 МГц) и $\mu_2 = \sigma_2 = 2 \times 10^{-17}$ (Вт/100 МГц) соответственно. В соответствии с уравнением (1) совокупные моменты имеют значения $\mu = 3 \times 10^{-17}$ (Вт/100 МГц) и $\sigma = 2,24 \times 10^{-17}$ (Вт/100 МГц). Если допустить, что статистические данные совокупной помехи имеют нормальное распределение, а совокупный уровень превышает не более чем в течение 0,1% времени, то:

$$P = \mu + 3,09\sigma = 9,91 \times 10^{-17} \text{ Вт/100 МГц,} \quad (4)$$

что чуть ниже предполагаемого критерия помех датчика. Теперь предположим, что включается третья служба, и в ходе динамического моделирования определено, что среднее и стандартное отклонение от уровня помех в датчике имеет значение $\mu_3 = \sigma_3 = 3 \times 10^{-17}$ (Вт/100 МГц). Если допустить, что статистические данные совокупной помехи имеют нормальное распределение, то новый совокупный уровень, который превышает не более чем в течение 0,1% времени, будет равен $1,76 \times 10^{-16}$ (Вт/100 МГц), что на 2,5 дБ превышает предполагаемый критерий помех датчика.

Следует подчеркнуть, что предположение о нормально распределенных статистических данных в этом примере взято для простоты, и что обычно это не соответствует действительности.

5 Результаты динамического моделирования

Было проведено динамическое моделирование методики совокупности помех. Была вычислена совокупная помеха в полосе частот ССИЗ (пассивной) 1400–1427 МГц, обусловленная нежелательными излучениями со стороны передающих станций фиксированной службы, радиолокационной службы и службы космических исследований. Было рассмотрено три различных сценария: от случая, когда одна из трех служб, создающих помехи, доминирует, до случая, когда помехи, создаваемые каждой службой радиосвязи, сравнимы по статистическим показателям. В процессе динамического моделирования была сформирована база данных уровней помех для 52 000 временных шагов. На каждом временном шаге были определены: помеха, создаваемая каждой службой, совокупная помеха, создаваемая всеми тремя службами, определена служба, создающая самый высокий уровень помех, и процент уровня совокупной помехи, обусловленный работой доминирующей службы, создающей помехи.

Одна из задач заключалась в определении того, суммируются ли помехи, создаваемые разными службами радиосвязи по мощности или по проценту времени. Пошаговое изучение результатов динамического моделирования показало, что во время моделирования были интервалы времени, когда существовала только одна доминантная служба радиосвязи, создающая помехи, что является стандартным случаем, когда помехи от разных источников суммируются по процентам времени или по области. С другой стороны, в том же сценарии были другие интервалы времени, когда совокупная помеха однозначно была результатом суммирования мощности помех, создаваемых разными службами радиосвязи. Таким образом, моделирование показывает, что не в любом заданном сценарии помехи однозначно суммируются по мощности или по времени. Так как суммирование

помех по мощности обычно связано с долговременными помехами, а суммирование помех по времени обычно связано с кратковременными помехами, это говорит о том, что в большинстве сценариев при определении совокупных помех не очень полезно часто делать различие между долговременными и кратковременными помехами. Это является хорошей причиной для того, чтобы предложить методику статистических моментов в качестве способа определения совокупной помехи от многих служб.

Для каждого сценария было вычислено среднее значение и переменная составляющая совокупной помехи на основании средних и изменяемых значений данных моделирования для каждой службы радиосвязи. Было определено, что вычисленные среднее значение и переменная составляющая совокупной помехи равны сумме средних и переменных значений, полученных при помощи данных моделирования по уравнению (1). Кроме того, моделирование показало, что допущение относительно нормального распределения статистических данных обычно не соответствует действительности. Как выяснилось, что если вычисление выполняется с использованием уравнения (3), все три сценария моделирования хорошо согласуются. Поэтому метод статистических моментов представляется удачным способом определения уровня совокупных помех, даже если распределение вероятности совокупного уровня неизвестно.
