

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R F.557-5
(02/2014)

Показатели готовности для радиорелейных систем гипотетического эталонного цифрового тракта

Серия F
Фиксированная служба

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, 2015 г.

© ITU 2015

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 F.557-5

**Показатели готовности для радиорелейных систем
гипотетического эталонного цифрового тракта**

(1978-1986-1990-1991-1997-2014)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации приводятся показатели готовности для радиорелейных систем гипотетического эталонного цифрового тракта (ГЭЦТ), в том числе понятие неготовности ГЭЦТ и факторы, подлежащие учету при оценке неготовности. Кроме того, в настоящей Рекомендации приводится руководство в отношении готовности и надежности радиорелейных систем.

Следует отметить, что настоящая Рекомендация может использоваться только для систем, разработанных до утверждения в 2005 году Рекомендации МСЭ-R F.1703.

В данной пересмотренной версии исключена гипотетическая эталонная цепь (ГЭЦ) и относящаяся к ней информация об аналоговой связи. С этой информацией можно ознакомиться в предыдущей версии настоящей Рекомендации, а также в справочном документе "Список Рекомендаций МСЭ-R по аналоговым системам фиксированной службы в полосах частот выше 30 МГц" (данный документ размещен на веб-странице Рабочей группы 5С МСЭ-R). В этом документе содержится список всех Рекомендаций, в которых упоминаются аналоговые системы фиксированной службы, в том числе исключенные.

Ключевые слова

Фиксированная служба, гипотетический эталонный цифровой тракт (ГЭЦТ), готовность, неготовность, среднее время между отказами (MTBF), среднее время восстановления (MTTR).

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что гипотетический эталонный цифровой тракт предназначен для использования в качестве руководства для разработчиков и проектировщиков систем, разработанных до 2005 года;
- b) что готовность радиорелейных систем зависит от многих факторов и, особенно, от организации технического обслуживания (которое определяет время восстановления), надежности оборудования, параметров системы и условий распространения радиоволн. Относительная значимость этих факторов может существенно варьироваться от одной области до другой, причем иногда без возможности контроля;
- c) что желательно использовать общие показатели готовности как для кабельных, так и для радиорелейных систем,

рекомендует,

1 что показатель готовности, относящийся к гипотетическому эталонному цифровому тракту длиной 2500 км для цифровых радиорелейных систем (Рекомендация МСЭ-R F.556), должен составлять 99,7% времени, причем для того чтобы этот процент был статистически достоверным, он должен относиться к достаточно длительному периоду времени, продолжительность которого, возможно, превышает один год; этот период находится в стадии изучения (см. Примечания 2, 3 и 4);

2 что понятие неготовности для ГЭЦТ должно быть следующим:

2.1 период времени неготовности начинается с момента появления последовательности из десяти секунд со значительным количеством ошибок (SES) по крайней мере в

одном направлении передачи (см. Примечания 1 и 9). Эти десять секунд считаются временем неготовности. Определение SES дано в Рекомендациях МСЭ-T G.821 и МСЭ-T G.826;

2.2 новый период готовности начинает отсчитываться с момента появления последовательности из десяти секунд с незначительным количеством ошибок (non-SES) в обоих направлениях передачи. Эти десять секунд считаются временем готовности. Определение SES дано в Рекомендациях МСЭ-T G.821 и МСЭ-T G.826;

3 что при предварительной оценке неготовности обязательно следует учитывать все случаи, которые являются статистически прогнозируемыми, неумышленными и зависят от радиооборудования, источников питания, условий распространения радиоволн, помех, а также от вспомогательного оборудования и действий обслуживающего персонала. Оценка неготовности учитывает среднее время восстановления (см. Примечания 6 и 7);

4 что Приложение 1 следует использовать в качестве руководства по готовности и надежности радиорелейных систем;

5 что следующие примечания следует рассматривать как часть настоящей Рекомендации:

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Общая готовность A определяется следующей формулой:

$$A = 100 [1 - \{(T_1 + T_2 - T_b)/T_e\}],$$

где:

- A : процент готовности;
- T_1 : общее время неготовности для одного направления передачи;
- T_2 : общее время неготовности для другого направления передачи;
- T_b : время неготовности для двух направлений;
- T_e : период времени оценки.

Для симплексной передачи $T_2 = 0$; $T_b = 0$.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Величина 99,7% является предварительной, и признано, что на практике выбранные показатели могут составлять от 99,5% до 99,9%. Выбор определенного значения в этом диапазоне зависит от оптимального распределения времени отказов, помимо многих иных причин, которые могут изменяться в зависимости от местных условий (например, условий распространения радиоволн, географических размеров, распределения населения, организации технического обслуживания).

Более того, готовность радиорелейных систем – лишь один из многих аспектов, обеспечивающих приемлемое качество обслуживания трафика цифровой передачи, выбор оптимального значения для этого конкретного аспекта может быть сделан только с учетом всех систем передачи, действующих или запланированных к введению в эксплуатацию в исследуемой сети.

Учитывая эти причины, администрации могут выбирать различные величины показателей готовности для использования их планирующей организацией, все эти величины лежат в указанных выше пределах.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Готовность аппаратуры разделения каналов исключена из рассмотрения. Ожидается, что показатели готовности для этого оборудования будут установлены МСЭ-T.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Настоящая Рекомендация относится к ГЭЦТ. Ее цель заключается в установлении коэффициента готовности как показателя для планирования новых радиорелейных систем.

Предполагается, что этот показатель не будет включаться в технические требования для реальных систем и использоваться в ходе приемо-сдаточных испытаний или формирования соглашений по эксплуатации.

Результаты измерений коэффициентов готовности для реальных трактов имеют большой разброс; достоверный коэффициент реальной готовности может быть оценен только как среднее значение большого количества данных, собранных по многим радиорелейным трассам за достаточно продолжительный период.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – В Рекомендации МСЭ-R F.695 приведено подразделение показателя готовности на участке высокого качества для трактов, которые организуются на реальных линиях.

ПРИМЕЧАНИЕ 6. – Проектировщики должны указывать принятые ими допущения, касающиеся среднего времени между отказами (MTBF), среднего времени восстановления (MTTR), а также мер, принимаемых в целях недопущения перерывов и замираний (в частности, использование резервных стволов и число пролетов на участке резервирования), и закон распределения замираний длительностью более 10 с.

ПРИМЕЧАНИЕ 7. – Время восстановления, то есть время, прошедшее между нарушением трафика и его восстановлением, включает в себя время обнаружения, время, необходимое ремонтной бригаде для достижения поврежденного участка, а также время самого ремонта. Время восстановления у разных администраций будет разным в зависимости от таких факторов, как доступность места расположения, погодные условия, организация технического обслуживания и другие экономические соображения.

ПРИМЕЧАНИЕ 8. – В настоящей Рекомендации не учитываются усовершенствования, которые могут быть сделаны путем перевода трафика на другие системы, например кабельные или другие радиорелейные системы.

ПРИМЕЧАНИЕ 9. – Перерывы длительностью менее 10 с требуют дальнейшего изучения с учетом перемежающихся перерывов.

ПРИМЕЧАНИЕ 10. – Периоды менее 10 с, в течение которых коэффициент ошибок составляет более 1×10^{-3} рассматриваются в Рекомендации МСЭ-R F.594.

Приложение 1

Готовность и надежность радиорелейных систем

1 Введение

Настоящее Приложение является руководством, облегчающим интерпретацию данной Рекомендации. Однако следует отметить, что числовые значения и параметры приведены только в качестве примера.

Термины "надежность" и "готовность" в настоящем Приложении соответствуют определениям, принятым МСЭ-R и Международной электротехнической комиссией (МЭК).

2 Причины неготовности

Понятие неготовности цифровых радиорелейных систем определено в пункте 2 раздела *рекомендует*. Проектировщики систем должны учитывать все случаи перерывов или ухудшения качества, влияющие на неготовность системы.

Ниже описаны особенности основных причин неготовности в радиорелейных системах.

2.1 Оборудование

- Отказы или ухудшение работы радиооборудования, включая модуляторы и демодуляторы;
- отказы вспомогательного оборудования, например аппаратуры резервирования;
- отказы источников электропитания оборудования радиорелейных систем;
- отказы в антенне или фидере.

Современные радиорелейные системы проектируются таким образом, чтобы обеспечивать высокую степень надежности, при этом МТВФ значительно удлиняется. Как указывается в Примечании 6, неготовность зависит также от МТТР.

В пределах типового участка резервирования неготовность вследствие отказов оборудования может достигать порядка 0,01% (см. Рекомендацию МСЭ-R F.695). Это характерно для использования типового оборудования с МТВФ порядка нескольких десятков тысяч часов и МТТР в пределах нескольких часов. Однако ГЭЦТ содержит в себе множество участков резервирования. Естественно, вероятность отказов на каждом участке резервирования мала, и отказы случаются один раз в несколько лет. Поэтому для измерения неготовности целесообразно выбрать длительный период усреднения, например один год.

2.2 Условия распространения радиоволн

Перерывы в работе системы вследствие глубоких многолучевых замираний часто длятся менее 10 с, однако иногда бывают случаи замираний длительностью более 10 с, приводящие к состоянию неготовности.

Чрезмерное ослабление сигнала в осадках вследствие сильных ливней или снегопадов длится довольно долго и вызывает состояние неготовности в системах, работающих в диапазонах частот выше 10 ГГц. Возможно получение статистики прогнозирования условий распространения радиоволн путем использования формул и методов, описанных в Рекомендациях МСЭ-R серии Р. Кроме того, поскольку вероятность обильных осадков незначительна, время неготовности, которое они вызывают, может отличаться от года к году. Для оценки времени неготовности могут быть использованы соображения, приведенные в п. 2.1.

2.3 Другие причины

Непредсказуемые импульсы шума, вызванные действием помех главным образом от источников, внешних по отношению к системе, на которую воздействует помеха, могут вызывать состояние неготовности, если мощность шума превышает определенный предел. Этот род перерывов включает помехи от космических систем или радиолокаторов, обусловленные аномальными условиями распространения радиоволн.

Бедствия, например землетрясения, могут приводить к разрушению башен или зданий и в результате – к состоянию неготовности радиорелейных систем.

Деятельность персонала в процессе технического обслуживания также может приводить к состоянию неготовности. Вклад этих факторов, как правило, трудно прогнозировать посредством математических расчетов, однако при проектировании радиорелейных систем они должны учитываться.

3 Переключение на резерв

Переключение на резерв часто оказывается эффективным средством улучшения готовности системы. В радиорелейных системах обычно используется так называемый метод многоствольного резервирования. При этом методе для N рабочих радиостволов используется один или P ($P > 1$) резервных радиостволов. Когда в одном из N рабочих радиостволов происходит перерыв в передаче сигнала, неработоспособный радиоствол на m пролетах немедленно заменяется одним из резервных радиостволов. В таком случае, предполагая, что частота возникновения отказов аппаратуры переключения пренебрежимо мала, для каждого дуплексного радиоствола коэффициент неготовности U вследствие отказов оборудования может быть выражен следующей формулой:

$$U = \frac{2}{N} \left[\binom{N+P}{P+1} \right] (mq)^{P+1}, \quad (1)$$

где:

- m число пролетов, содержащихся на одном участке резервирования;
- q вероятность перерывов на каждом пролете (для отказов рассматриваемого оборудования, $q = \text{MTTR}/\text{MTBF}$).

$$\binom{N+P}{P+1} = \frac{(N+P)!}{(P+1)!(N-1)!}$$

Во многих случаях, когда число резервных радиостволов $P = 1$, формула (1) может быть представлена в следующем виде:

$$U = \frac{2}{N} \left[\binom{N+1}{2} \right] (mq)^2.$$

Переключение на резерв эффективно не только при отказах оборудования, но и для борьбы с многолучевыми замираниями за счет получения эффекта частотного разнесения. Информация о частотном разнесении приведена в Рекомендации МСЭ-R F.752.
