

© Белюченко И. М., Зиновьев В. Н., Стреналюк Ю. В., Самаров К. Л.
Beluchenko I., Zinoviev V., Strenalyuk Y., Samarov K.

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ИЗЛУЧАЮЩИХ РАДИОСИСТЕМ МАЛОГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМАХ СБОРА ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY STUDY RADIATING WIRELESS SHORT-RANGE SYSTEMS TELEMETRY DATA

Аннотация. Проанализированы проблемы оценки электромагнитной совместимости для беспроводных устройств малого радиуса действия в системах сбора телеметрической информации при наземном тестировании космических систем связи; рассчитаны защитные дистанции для различных источников помех в зависимости от механизма интерференции.

Annotation. The problems of electromagnetic compatibility assessment for wireless short-range systems telemetry data for space communication systems; Protective distance calculated for different sources of interference depending on the mechanism of interference.

Ключевые слова. Электромагнитная совместимость, телеметрическая информация, беспроводные устройства.

Key words. EMC, telemetry data, wireless devices.

Актуальность темы

В течение последнего десятилетия в мире велась интенсивная работа по созданию радиоустройств малого радиуса действия (Short Range Devices – SRD). Подобные устройства широко используются в системах сбора телеметрической информации и в огромном числе других приборов различного назначения, куда входят системы обнаружения, охраны и безопасности, устройства передачи данных, в том числе при наземном тестировании космических систем связи для обеспечения стратегической стабильности [1–3].

Постановка задачи

Постоянное увеличение плотности размещения радиоэлектронных средств (РЭС) при ограниченном ча-

стотном ресурсе приводит к увеличению уровня взаимных помех, нарушая нормальную работу этих средств [2,3]. Весьма остро проблема взаимных помех проявляется там, где целые комплексы РЭС должны размещаться на ограниченной территории. Число антенн на объекте может достигать несколько десятков, а расстояние между ними могут составлять единицы метров и менее. Плотное и размещение антенн приводит к тому, что электромагнитные поля, излучаемые антеннами радиопередатчиков (РПД), могут создавать в антеннах радиоприемников (РПИМ) высокочастотную ЭДС, что может привести к перегрузке входных каскадов и нарушению нормального функционирования РПИМ или даже выхода из строя. Не менее опасным являются одновременное воздействие нескольких сигналов, порождающих в выходных каскадах и

Белюченко Игорь Михайлович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных технологий и управляющих систем, Финансово-технологическая академия, тел: 8(495)516-99-46;

Зиновьев Вячеслав Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры информационных технологий и управляющих систем, Финансово-технологическая академия;

Стреналюк Юрий Вениаминович – доктор технических наук, профессор кафедры информационных технологий и управляющих систем, Финансово-технологическая академия;

Самаров Ким Леонидович – доктор технических наук, профессор кафедры математики и естественнонаучных дисциплин, Финансово-технологическая академия.

Beluchenko Igor – doctor of technical sciences, professor, professor of information technology and management systems, Financial technology Academy, tel. 8(495) 516-99-46;

Zinoviev Vyacheslav – doctor of technical sciences, professor of information technology and management systems, Financial technology academy;

Strenalyuk Yuri – doctor of technical sciences, professor of information technology and management systems, Financial technology academy;

Samarov Kim – doctor of technical sciences, professor of mathematics and natural sciences, Financial technology academy.

выходных каскадах РПМ интермодуляционные помехи, которые могут попасть в полосу рабочих частот приемников и ухудшать условия приема полезных сигналов.

Поскольку использование SRD устройств при наземном тестировании космических систем связи принимает массовый характер, необходимо оценить их электромагнитную совместимость (ЭМС) с другими РЭС.

Оценка внутриканальных помех и блокировка методом минимальных совокупных потерь (МСП).

Устройства SRD могут выступать в качестве источников помех (интерференции) для других систем и сами могут подвергаться воздействию внешних помех. Интерференция возникает, если устройства работают с перекрытием частоты; в непосредственной близости друг от друга; одновременно; с перекрытием диаграмм направленности антенн; а также зависит от плотности размещения передатчиков в пространстве [4–7].

Оценим внутриканальные помехи и блокировку на примере устройств технологии Bluetooth при помощи метода минимальных совокупных потерь. Известно, что минимальный принимаемый сигнал в технологии Bluetooth, должен быть равен максимально возможной чувствительности (МВЧ), которая составляет –70 дБм. Минимальный принимаемый сигнал приемника «Bluetooth» определяется формулой

$$P_{\text{прм}} = \text{МВЧ} + 3 = -70 + 3 = -67. \quad (1)$$

На частоте 2,45 ГГц, для расстояний меньших 15 метров, потери распространения оцениваются соотношением

$$L_{\text{п}}(d), \text{ дБ} = 40,2 + 20 \log d, \quad (2)$$

а для расстояний больших 15 метров

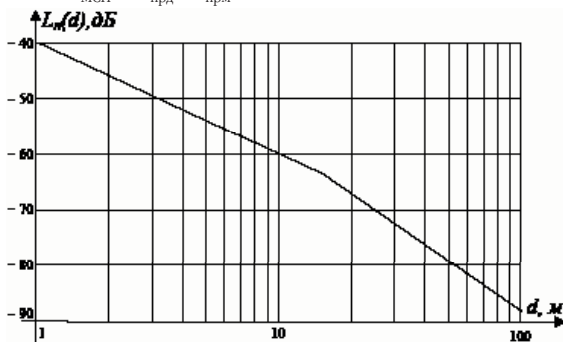
$$L_{\text{п}}(d), \text{ дБ} = 63,7 + 20 \log d/15, \quad (3)$$

где d – дистанция, м.

Зависимость затухания сигнала от расстояния внутри помещения представлена на рисунке.

Оценим МСП и защитную дистанцию d_3 . С этой целью вычислим МСП как

$$L_{\text{МСП}} = P_{\text{прд}} - P_{\text{прм}} + C/I, \quad (4)$$



Зависимость затухания сигнала от расстояния внутри помещения

где $P_{\text{прд}}$ – эффективная изотропно-излучаемая мощность (ЭИИМ) interfering передающего передатчика, дБм;

C/I – отношение сигнал-интерференция для приемника «Bluetooth», дБ.

Если положить $L_{\text{п}} = L_{\text{МСП}}$, то защитную дистанцию d_3 между interfering передатчиком и приемником можно оценить формулами

$$d_3 = 10^{(L_{\text{п}} - 40,2) / 20}, \text{ для } L_{\text{п}} < 63,7 \text{ дБ},$$

и

$$d_3 = 15^{(L_{\text{п}} - 63,7) / 30}, \text{ для } L_{\text{п}} > 63,7 \text{ дБ}.$$

Виды интерференции от различных источников помех при воздействии на устройства технологии Bluetooth показаны в табл.1.

Таблица 1

Механизмы интерференции «Bluetooth» при различных источниках помех

Источники помех	Виды интерференции
RFID	Блокирование
RLAN FHSS	Блокирование
RLAN DSSS	Внутриканальные помехи
Цифровое средство ENG/OB с мобильной видеокамерой	Внутриканальные помехи

В табл. 1 обозначены: RFID (Radio Frequency Identification Devices) – технология радиочастотной идентификации, радиочастотное распознавание осуществляется с помощью закрепленных за объектом специальных меток, несущих идентификационную и другую информацию; RLAN (Radio Local Area Network) – локальные радиосети передачи данных с использованием широкополосных методов модуляции, которые обеспечиваются за счёт использования таких способов расширения спектра, как программная перестройка частоты FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) или псевдослучайной последовательности DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum); цифровое средство ENG/OB (Electronic News Gathering/Outside Broadcasting) с мобильной видеокамерой, осуществляющей передачу сигнала по радиоканалу.

Исходные данные и рассчитанные для них защитные дистанции по изложенной выше методике для различных источников помех с 100% рабочими циклами передатчиков при воздействии на устройства технологии Bluetooth в зависимости от механизма интерференции приведены в табл.2.

Защитные дистанции для различных источников помех при воздействии на устройства технологии Bluetooth в зависимости от механизма интерференции приведены в табл. 3, которые были получены на основе измерений, проведенных английским агентством по радиосвязи (RA/UK).

Таблица 2

**Защитные дистанции для различных источников помех
в зависимости от механизма интерференции**

Показатели	RFID	RLAN FHSS	RLAN DSSS	Цифровое средство ENG/OB с мобильной видеокамерой
ЭИИМ, $P_{\text{прм}}$, дБм	36	20	20	35
Полоса частот, МГц	0,35	1	15	7,4
Процент занятости передатчика, %	100	100	100	100
С/Л Bluetooth приемника при внутриканальной интерференции, дБ	11	11	11	11
С/Л Bluetooth приемника при блокировании, дБ	-40	-40	-40	-40
$P_{\text{прм}}$, дБм	-67	-67	-67	-67
МСП при внутриканальной интерференции $L_{\text{мсп}}$, дБ	63	47,0	47	62
МСП при блокировании $L_{\text{мсп}}$, дБ	114	98	98	113
Защитная дистанция $d_{\text{з}}$, м, при $L_{\text{мсп}} < 63,7$ дБ	13,8	2,19	–	–
Защитная дистанция $d_{\text{з}}$, м, при $L_{\text{мсп}} > 63,7$ дБ	–	–	22,1	85,6

Таблица 3

**Защитные дистанции для различных источников помех
в зависимости от механизма интерференции**

Показатели	RFID	RLAN FHSS	RLAN DSSS	Цифровое средство ENG/OB с мобильной видеокамерой
С/Л, дБ	-33	-33	2,5	v2
МСП, дБ	70	54	77,7	91,3
Защитная дистанция $d_{\text{з}}$, м, при $L_{\text{н}} < 63,7$ дБ	–	4,9	–	v
Защитная дистанция $d_{\text{з}}$, м, при $L_{\text{н}} > 63,7$ дБ	24	–	44	125

Полученные результаты могут быть использованы при расчете электромагнитной совместимости беспроводных устройств малого радиуса действия в подвижных системах связи и в космических системах связи при наземном тестировании, а также при инфраструктурном обеспечении космических услуг [8–11].

Вывод. С помощью оценки электромагнитной совместимости детерминированным методом рассчита-

ны защитные дистанции между устройством технологии Bluetooth и следующими РЭС: RFID 13,8 метров, RLAN с FHSS 2,19 метров, RLAN с DSSS 22,1 метров, цифровым средством ENG/OB с мобильной видеокамерой 85,6 метров. Для уменьшения интермодуляционных излучений необходимо снизить степень связи между передающими антеннами путем их рационального размещения, обеспечивая рассчитанную защитную дистанцию между РЭС.

Литература

1. Артюшенко, В. М., Васильев, Н. А., Аббасова, Т. С. Комплекс полунатурного моделирования систем автоматического управления летательных аппаратов и ракетно-космической техники / В. М. Артюшенко, Н. А. Васильев, Т. С. Аббасова // Сб. тр. Международной научно-практической Интернет-конференции «Современные образовательные технологии, используемые в очном, заочном и дополнительном образовании»: Финансово-Технологическая Академия. – Королев: ФТА, – 2013.
2. Артюшенко, В. М. Оценка влияния электромагнитных помех радиоэлектронных средств на беспроводные устройства малого радиуса действия / В. М. Артюшенко, В. А. Корчагин. // Электротехнические и информационные комплексы и системы. - 2010. - №2. - Т.6. - С.10 – 17.
3. Артюшенко, В. М. Анализ особенностей распространения радиоволн в пикосетях беспроводных устройств малого радиуса действия / В. М. Артюшенко, В. А. Корчагин // Промышленный сервис. - 2009. - №4(31). - С.32 – 37.
4. Корчагин В. А., Артюшенко В. М. Проблемы электромагнитной совместимости цифрового электротехнического оборудования на промышленных и бытовых объектах // Вестник Ассоциации ВУЗов туризма и сервиса. –2009. – №4. – С. 95-98.
5. Артюшенко В. М., Кучеров Б. А. Информатизация управления группировкой космических аппаратов // Прикладная информатика. – 2013. – №6 (48). – С.6 – 14.
6. Артюшенко, В. М. Анализ беспроводных технологий обмена данными в системах автоматизации жизнеобеспечения производственных и офисных помещений / В. М. Артюшенко, В. А. Корчагин // Электротехнические и информационные комплексы и системы - 2010. - №2. - Т.6. - С.18 – 24.

7. Артюшенко, В.М. Оценка влияния помех от радиоэлектронных систем на беспроводные устройства малого радиуса действия с блоковым кодированием / В.М. Артюшенко, В.А. Корчагин. // *Электротехнические и информационные комплексы и системы*. - 2010. - №4. - Т.6. - С.10 – 17.
8. Вокин Г.Г., Азаренко Л.Г. Космические услуги: особенности инфраструктурного обеспечения и потребления // *Сервис в России и за рубежом*. – № 4(23) – 2011.
9. Артюшенко, В. М., Аббасова, Т. С. Беспроводные системы связи: учебное пособие с грифом УМО для студентов, обучающихся по специальности 230201 «Информационные системы и технологии» / В. М. Артюшенко, Т. С. Аббасова. – М.: РГУТиС, 2008. – 182 с.
10. Артюшенко, В.М. Экспериментальное исследование параметров спектра доплеровского сигнала, отраженного от протяженного объекта / В.М. Артюшенко, В.И. Воловач // *Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии* – 2012. -3(19). - С.17–24.
11. Артюшенко, В.М. Повышение оперативности бесконфликтного управления группировкой космических аппаратов в условиях ресурсных ограничений. / В.М. Артюшенко, Б.А. Кучеров // *Электротехнические и информационные комплексы и системы* - 2013. - Т.9. - №3. - С. 59–66.

Материал поступил в редакцию 18. 07. 2014 г.