

О критерии электромагнитной совместимости в локальных группировках радиоэлектронных средств

On criterion of electromagnetic compatibility in local groups of electronic means

Ключевые слова: метод расчета – analysis method; побочный канал приема – spurious channel; local group – локальная группировка; communications facility – радиоэлектронное средство; радиопередающее и радиоприемное устройство – transceiver.

В статье дается обзор критериев оценки электромагнитной совместимости (ЭМС) применительно к локальной группировке радиостанций связи (ЛГРС). Показываются их недостатки применительно к оценке совместимости в реальных условиях эксплуатации ЛГРС. Автором на основе метода допустимых систем профессора Гуткина Л.С. в качестве критерия ЭМС в ЛГРС предлагается использовать качество приема сообщения.

The article reviews criteria of electromagnetic compatibility estimation in the context of local group of communication radio stations. It demonstrates their disadvantages in relation to the estimation of compatibility in real operation conditions of communication radio stations. The author using the method of admitted systems of Professor L.S. Gutkin proposes to use reception quality of message as the criterion of electromagnetic compatibility in the communication radio stations.

Для сравнительного анализа различных критериев ЭМС и выбора данного критерия, оптимального при постановке задач в методологии оценки и обеспечения ЭМС РЭС, представим взаимодействия взаимосвязанных по целям, месту и времени средств радиосвязи, обеспечивающих передачу сообщений и мешающего радиопередающего (РПДУ) с радиоприемным устройством (РПУ), осуществляющим передачу и прием сообщения. Мешающие РПДУ и РПУ в дальнейшем будем относить к так называемым «сопутствующим системам», поскольку при каждом изменении параметров любого из структурных элементов одной системы образуются новые

САВИЦКИЙ / SAVITSKIY O.

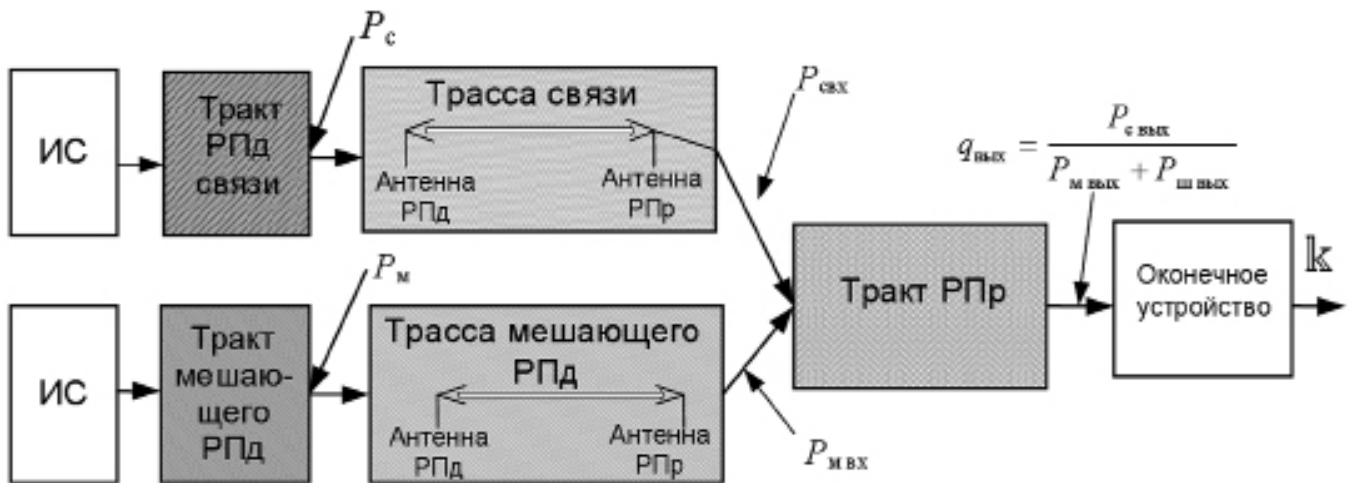
Олег Константинович

кандидат технических наук, доцент,
начальник отдела научно-исследовательского центра
Военной академии связи им. С.М. Буденного,
Санкт-Петербург

«виртуальные» системы. На рисунке 1 в виде, удобном для анализа прохождения сигналов по трактам и трассам средств радиосвязи, представлена структура совместной схемы взаимодействия «сопутствующей» системы радиосвязи, обеспечивающей передачу и прием сообщений (СРС-С) и мешающей системе (СРС-М).

Элементы, относящиеся к СРС-С и СРС-М, заштрихованы различно. Радиоприемное устройство участвует в обеих системах радиосвязи. В данном случае учтено, что обычно источники сигналов (ИС) не входят в состав РПДУ, а оконечные устройства не входят в состав РПУ. Результат работы и качество функционирования РЭС проявляются только на выходе оконечного устройства: факсимильного аппарата, телевизионного аппарата, телетайпа, факс-модема и т.д. Современные оконечные устройства часто содержат устройства обработки сигналов – декодеры, накопители, позволяющие уменьшить влияние помех.

Наилучшие свойства РЭС по передаче и восстановлению сообщения получаются при воздействии только шумов естественного происхождения: шумов входных цепей РПр и атмосферных шумов. От тех и других в РЭС нельзя избавиться в принципе, можно только уменьшить их мешающее воздействие. Способность РЭС противостоять мешающему воздействию при восстановлении сигналов сообщения характеризуется помехоустойчивостью системы радиосвязи. Количественной мерой помехоустойчивости является качество восстановленного на выходе оконечного устройства сообщения, по сравнению с качеством восстановления исходного сигнала сообщения ИС (k). При воздействии непреднамеренных помех от мешающего РПДУ качество восстановленного сигнала ухудшится. Допустимую



Структура совместной схемы взаимодействия СРС-С и СРС-М

степень этого ухудшения и должен определять критерий ЭМС. Проведем анализ достоинств и недостатков критериев ЭМС, рассматриваемых в технической литературе, и выберем критерий ЭМС, используемый при назначении данных для РЭС в локальных группировках войск. В некоторых работах и НМД Госстандарта рассматриваются критерии оценки состояния ЭМС РЭС уже применительно к задачам эксплуатации [1–8]. Рассмотрим их подробнее.

Критерий ограничения мощности мешающего сигнала на входе РПУ [2, 4, 9]. Этот критерий ЭМС устанавливает значение допустимой мощности мешающего РПДУ на входе РПУ:

$$P_{\text{м. вых}} \leq P_{\text{доп}} \quad (1)$$

Его применение эффективно, когда мощность принятого сигнала известна и мало варьируется, например – в фиксированных службах. Это имеет место также в космических и радиорелейных линиях. В работе [4] определяются допустимая мощность при различных сочетаниях видов модуляции сигнала и помехи. В других работах этот критерий рекомендуется для различных систем связи, в том числе – подвижных, однако методов выбора его значений не указывается. Для объективной оценки ЭМС РЭС данный критерий использоваться не может, поскольку выбору его значения должны предшествовать сложные расчеты, определяющие степень мешающего действия конкретных непреднамеренных помех.

Критерий защитного отношения. Устанавливается допустимое отношение мощности полезного сигнала к мощности непреднамеренной помехи

от мешающего сигнала, т.е. накладывается ограничение на значение энергетического отношения «сигнал – помеха» на входе РПУ (рисунок):

$$q_{\text{до}} = \frac{D_{\text{н до}}}{D_{\text{1 до}}} \geq k_{\text{защ}} \quad (2)$$

Такой критерий был введен МККР. Рекомендовалось его применять для оценки помехозащищенности от сигналов, совпадающих по частоте, т.е. рассматривались только непреднамеренные помехи основного канала, мешающего по основному каналу РПУ. Одновременно МККР установило виды модуляций для радиосвязи, что в принципе, определило закономерности прохождения помех по тракту и само значение критерия.

Очевидно, что данный критерий допустимо применять, когда помеха исходит от РПДУ неизвестного происхождения и уйти от нее не представляется возможным. Мощность его на входе известна, а прохождение по тракту неизвестно. Остается только увеличивать мощность полезного сигнала, например – путем увеличения мощности излучения РПДУ. Однако этот критерий рекомендуется часто и для группировок с радиостанциями различных типов [1, 2, 9–11]. Рекомендуется мощность полезного сигнала и мощность мешающего рассчитывать отдельно. Следовательно, их источники предполагаются известными. При этом полностью исключаются вопросы их прохождения по тракту приема, т.е. обоснования значения $k_{\text{защ}}$. Реально разброс допустимых значений $k_{\text{защ}}$ весьма велик. Вопросы прохождения по трактам приема сигналов с другой моду-

ляцией, иной структурой, чем та, на которую настроен РПУ, весьма сложны и в большинстве случаев не решены. Еще более сложно получить эти значения для побочных каналов, где даже саму структуру помехи трудно определить. О сложности этих задач можно судить по попыткам их решения. Данные вопросы кратко рассматривались в работах [4, 5]. Даже при упрощенной постановке задач для одного или сочетаний двух видов модуляций не удалось получить формулы, пригодные для оценки совместимости в реальных условиях. Заметим, что в некоторых группировках потребуется использовать для нескольких тысяч РЭС более миллиона значений $k_{защ}$ и по ним проводить оценку совместимости. Ясно, что это представляет трудно-разрешимую инженерную задачу.

Особенно неэффективен данный критерий для группировок РЭС, находящихся под единым управлением, как это имеет место в ЛГРС. Применение этого критерия, по сути, означает, что рекомендуется не использовать номинальную чувствительность РПУ, а повышать энергетику, т.е. недоиспользовать возможности РПУ. Действительно, при рекомендации воспользоваться этим критерием фактически избирается не путь поиска свободных каналов и повышения помехозащищенности, а только путь повышения энергетики радиостанции. Применение этого критерия будет эффективно для одной радиостанции, но снизит степень совместимости для других. Применение настоящей рекомендации ко всем радиостанциям ЛГРС создаст новые проблемы, поскольку ухудшатся показатели совместимости по многочисленным взаимодействиям по побочным каналам приема.

Коэффициент ослабления помехи (КОП). Этот критерий определяет значение достаточного ослабления помехи при прохождении по тракту РПР [3, 11–13]. Критерий введен Калашниковым Н.И. [11]. Иногда его еще называют критерием устойчивости качественных показателей (УКП) [3, 11, 12].

Вводится коэффициент ослабления помехи:

$$\chi = \frac{q_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}}}{q_{\hat{a}\hat{o}}} \quad (3)$$

Здесь:

$$q_{\hat{a}\hat{o}} = \frac{D_{\hat{n}\hat{a}\hat{o}}}{D_{\hat{i}\hat{a}\hat{o}}}; \quad q_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}} = \frac{D_{\hat{n}\hat{a}\hat{u}\hat{o}}}{D_{\hat{i}\hat{a}\hat{u}\hat{o}}} \quad (4)$$

отношение «сигнал – помеха» на входе и выходе демодулятора, т.е. на выходе РПУ.

Для задачи моделирования трактов РЭС данный критерий не подходит, поскольку коэффициент ослабления помехи при прохождении по тракту РПУ неизвестен, а его определение представляет довольно сложную инженерную задачу.

Коэффициент сохранения качества функционирования РЭС (КСК). Этот критерий рекомендуется, в частности, в работе [2] и в ряде НМД. Коэффициент сохранения качества функционирования РЭС определяется как отношение показателя качества при воздействии непреднамеренных помех $k(P_n)$ к показателю качества при их отсутствии $k(P_{n0})$:

$$\omega = \frac{k(P_n)}{k(P_{n0})} \quad (5)$$

Совместимость полагается обеспеченной, если выполняется условие:

$$\omega \geq \omega_{\text{тр}}, \quad (6)$$

где $\omega_{\text{тр}}$ – требуемое значение коэффициента сохранения качества функционирования РЭС.

Критерий КСК широко употребляется при оценке качества РЭС извлечения информации [14]. Собственно, при этом критерии нормируется степень ухудшения качества приема по отношению к эталону, а под эталоном принято подразумевать качество при отсутствии непреднамеренных помех, т.е. действие только шумов естественного происхождения. В РЭС извлечения информации (радиолокаторы, навигационные системы, системы управления) информация поступает на трассе распространения радиоволн, поэтому определяемые показатели (дальность, направление и координаты) неизвестны. В этих случаях погрешность измерения, полученная при полигонных или стендовых испытаниях, используется в качестве эталона. Применение КСК является естественным способом ограничить увеличение погрешности в реальных условиях эксплуатации при воздействии непреднамеренных помех.

В РЭС передачи информации, в том числе – в радиостанциях связи, первичное сообщение, вводимое источником сообщения, является эталоном, поскольку лучшего качества сообщения достичь нельзя и такой задачи не ставится. Для задач обеспечения качества связи с учетом совместимости в ЛГРС этот критерий неприемлем, поскольку в РЭС нет состояния, которое можно было бы принять за эталон. Оно изменяется при изменении дальности связи и других условий радиосвязи. В радиосвязи, если требуется получить необходимое качество связи, повышается мощность излучения, выбираются режимы работы, виды сигналов и т.п. Если требования по качеству связи, в принципе, выполнимы, их можно обеспечить в реальной радиообстановке. Таким образом, в качестве критерия ЭМС в ЛГРС

предлагается использовать качество приема сообщения k .

Отсюда следует, что задача обеспечения совместимости РЭС ставится следующим образом: предполагается, что для каждой группировки РЭС заданы условия эксплуатации (дальность связи, вид сообщения, характеристики антенн) и предъявлены требования по обеспечению качества восстановленного сигнала сообщения. Требуется обеспечить необходимое качество приема при воздействии непреднамеренных помех от других, мешающих РПДУ, входящих в состав ЛГРС. Иными словами, цель не уменьшить ухудшение, а обеспечить то, что нужно. Требуемое качество достигается выбором режима работы РЭС, осуществляющей прием сообщения, или изменением режима мешающего РПДУ. При этом могут изменяться виды модуляции, мощности РПДУ, вид сигнала (цифровой или аналоговый). Использование данного критерия основано на применении метода допустимых систем профессора Гуткина Л.С.

Литература

1. Основы обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств / Под ред. Б.В. Сосунова. – СПб.: ВАС, 1991.
2. Теория и методы оценки электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств / Под ред. Ю.А. Феоктистова. – М.: Радио и связь, 1988.
3. Егоров Е.И., Калашников Н.И., Михайлов А.С. Использование радиочастотного спектра и радиопомехи. – М.: Радио и связь, 1986.
4. Бородин С.В. ЭМС наземных и космических служб. Критерии, условия, расчет. – М.: Радио и связь, 1990.
5. Радиорелейные и спутниковые системы передачи / Под ред. А.С. Немировского. – М.: Радио и связь, 1986.
6. Чельшев В.Д. Приемные центры. – М.: Связь, 1985.
7. Винокуров В.И., Пащенко Е.Г. и др. Электромагнитная совместимость судового оборудования. – Л.: Судостроение, 1977.
8. Виноградов Н.В., Виноградов В.Н. Критерий оценки загрузки радиочастотного спектра побочными излучениями // Электросвязь. – 1976. – № 8.
9. Комисаров Ю.А., Родионов С.С. Помехоустойчивость и электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств. – Киев: Техника, 1978.
10. Петровский В.И., Седельников Ю.Е. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств. – М.: Радио и связь, 1986.
11. Калашников Н.И. Основы расчета электромагнитной совместимости систем связи через ИСЗ. – М.: Связь, 1979.
12. Системы радиосвязи / Под ред. Н.И. Калашникова. – М.: Радио и связь, 1988.
13. Мордухович Л.Г., Степанов А.П. Системы радиосвязи. – М.: Радио и связь, 1987.
14. Гуткин Л.С. Проектирование радиосистем и радиоустройств. – М.: Радио и связь, 1986.



...1961 год – первый полет русского человека в космос

...2001 год – вышел в свет первый номер журнала «Информация и космос»

...2011 год – 50 лет русской космонавтики и 10 лет нашей работы на благо российской науки

Журнал
«Информация и космос» –
сохранение и преумножение
традиций российской науки

ИНФОРМАЦИЯ
КОСМОС

Подписку на журнал оформляйте через каталог «Издания органов научно-технической информации» агентства «Роспечать». Подписной индекс – 61890. Стоимость подписки на год – 1900 рублей.

