

Расчет частотно-территориального разноса РЭС

Б. М. Антипин¹, Е. М. Виноградов²

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

boris_antipin@mail.ru, vinog1936@mail.ru

Abstract. The frequency-distance planning of radio equipment solves the problem of electromagnetic compatibility by choosing both its operating frequencies and mutual locations. Not always the choice can be done using frequency-distance standards or protection ratio. Another approach of deriving the necessary frequency-distance separation is considered in the article. The approach is based on using the interference-to-noise ratio at the receiver input in its bandwidth. It can be useful when information of the wanted signal level at the receiver input is absent.

Key words: frequency-distance planning; electromagnetic compatibility; equivalent radio interference; interference-to-noise ratio

I. ВВЕДЕНИЕ

Частотно-территориальный план (ЧТП) размещения радиоэлектронных средств (РЭС) должен не только обеспечивать электромагнитную совместимость (ЭМС) РЭС, но и эффективное использование радиочастотного ресурса, предоставляемого для их работы. При разработке ЧТП используют нормы частотно-территориального разноса (ЧТР). Нормы определяют значения минимально необходимых разносов по расстоянию и частоте между РЭС в наихудших, с точки зрения ЭМС, условиях их работы. Использование норм гарантированно обеспечивает ЭМС размещаемых РЭС. Однако реальные условия эксплуатации РЭС могут не совпадать с условиями, для которых разработаны нормы ЧТР. Использование норм в этих условиях снижает эффективность использования радиочастотного ресурса. Для преодоления этого недостатка могут использоваться разные подходы. Например, в [1] для получения информации о необходимом ЧТР в реальных условиях эксплуатации РЭС предложено производить адаптацию норм ЧТР к реальным условиям функционирования РЭС. Для этого в состав норм предлагается включить ряд дополнительных данных, связанных как с энергетическими параметрами источника помехи, так и с условиями распространения радиоволн и позволяющих получить энергетическую поправку к мощности помехи. Адаптация сводится к расчету нового ЧТР, отталкиваясь от ЧТР, получаемого непосредственно из норм. При этом, естественно, требуется, чтобы нормы ЧТР для рассматриваемой комбинации РЭС имели место. Однако, существующие нормы ЧТР не охватывают всех возможных комбинаций совместной работы РЭС. Появляются новые технологии, для которых нормы ЧТР отсутствуют. В этих условиях для разрабатываемого ЧТП остается актуальной задача непосредственного расчета требуемого ЧТР.

Одно из направлений, используемое для расчета ЧТР, опирается на значение защитного отношения. Оно рассмотрено, в частности, в [2]. Другое направление, которое рассматривается в данной работе, использует максимально допустимое отношение помеха/шум (I/N) на входе приемника в полосе его пропускания.

II. РАСЧЕТ ЧТР

В ситуации, когда помеха не вызывает в приемнике нелинейных эффектов, ее действие приводит к снижению чувствительности радиоприемного устройства (РПУ). Процедуру оценки ЧТР в этом случае можно представить следующим образом:

1. Задавая максимально допустимое снижение чувствительности приемника r , дБ, относительно значения, указанного в спецификации РПУ, определим максимально допустимое отношение (I/N)_{доп}, дБ, на входе приемника:

$$(I/N)_{\text{доп}} = 10 \lg(10^{r/10} - 1)$$

2. Используя данные о полосе пропускания приемника B_R , Гц, и коэффициенте шума РПУ NF , дБ, оценим уровень собственного шума РПУ N , дБм, приведенный к его входу:

$$N = -174 + 10 \lg(B_R) + NF$$

3. Найдем предельно допустимый (пороговый) уровень помехи $I_{\text{пор}}$, дБм, на входе РПУ

$$I_{\text{пор}} = (I/N)_{\text{доп}} + N$$

4. Используя маску спектральной плотности мощности передатчика $W(f)$, мВт/Гц, и амплитудно-частотную характеристику основного канала приемника-жертвы $H(f)$, определим мощность радиопередатчика (РПД) $I(\Delta f)$, дБм, поступающую в его антенно-фидерный тракт в полосе B_R при отстройке Δf между частотами РПД и РПУ

$$I(\Delta f) = 10 \lg \left[\int_{B_R} W(f) H^2(f + \Delta f) df \right]$$

5. Выберем модель, позволяющую для интересующего типа окружения (город, пригород, сельская местность) и

заданных высот подвеса антенн РПД и РПУ оценить базовые потери $L(d)$, дБ, на трассе протяженностью d , км. Используя данные о коэффициенте усиления антенны РПД (G_T) в направлении на РПУ и антенны РПУ (G_R) в направлении на РПД, дБи, а также возможные потери γ , дБ, из-за несовпадения поляризационных состояний помехи и приемной антенны, получим уравнение для определения минимально необходимого ЧТР между рассматриваемыми РЭС.

$$I(\Delta f, d) = I(\Delta f) + G_T - L(d) + G_R - \gamma = I_{\text{пор}}$$

Уравнение позволяет для каждого выбранного частотного разнеса РЭС Δf определить их территориальный разнос d , и, наоборот, для каждого выбранного территориального разнеса d найти соответствующий ему частотный разнос Δf , при котором обеспечивается требуемое $I_{\text{пор}}$. Реально используемые разнесы по частоте и расстоянию должны быть не меньше разнесов, полученных из этого уравнения. Найденные из уравнения значения Δf и d являются минимально необходимыми, обеспечивающими электромагнитную

совместимость РЭС и наиболее эффективное использование радиочастотного пространства.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расчет необходимого частотно-территориального разнеса РЭС в конкретной ситуации способен повысить эффективность использования радиочастотного ресурса по сравнению с использованием норм ЧТР и обеспечить ЭМС планируемых к вводу в эксплуатацию РЭС. В тех случаях, когда информация об уровне полезного сигнала отсутствует, оценка требуемого ЧТР может быть выполнена на основе отношения помеха/шум, приведенного к входу приемника в полосе его пропускания, которое может быть получено исходя из допустимого снижения чувствительности приемника при действии помехи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Богатырев М.В., Сергеев В.И. Метод оценки ЭМС на основе адаптивных норм частотно-территориального разнеса. // Электросвязь. 2000. №11. С. 28–29.
- [2] Рекомендация МСЭ-R SM.337-6 Частотный и территориальный разнос.