

МЕТОДИКА РАСЧЕТА МАКСИМАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА ЭНЕРГИИ В СПЕЦПОМЕЩЕНИИ

В.И. Юрков

(Полтавский военный институт связи)

Рассматривается методика расчета максимальной величины плотности потока энергии в спецпомещении. Методика учитывает явления отражения и интерференции электромагнитных волн и дает количественную оценку опасных электромагнитных полей при многолучевой интерференции.

максимальная величина, плотность, поток энергии, спецпомещение

Введение. Начало XXI века характеризуется опережающим развитием радиотехники и электроники. Из года в год возрастает производство СВЧ радиоэлектронных средств, насыщенность ею различных объектов промышленности, транспорта, быта, связи. При этом должны быть обеспечены условия для безопасной, безвредной и высокоэффективной работы персонала. Для управления уровнем электромагнитного излучения (ЭМИ) необходимо знать величину плотности потока энергии (ППЭ) в местах, где находится обслуживающий персонал. Поэтому возникает необходимость применения фундаментальных понятий теории поля для обоснования количественного определения ЭМИ и границ применимости существующих принципов и методик.

Электромагнитная обстановка – это состояние окружающей среды, являющейся откликом на воздействие внутренних и внешних источников ЭМИ и характеризуется определенной структурой электромагнитного поля в зависимости от условий распространения электромагнитных волн. При многолучевой интерференции количественное определение электромагнитных полей с точки зрения их опасности является достаточно сложной задачей. В настоящее время существуют методики измерений ЭМИ [1 – 3], однако они не позволяют измерить сложную структуру ЭМИ, так как основаны на простейшей модели распространения плоской волны. При помощи разработанной методики этот недостаток устранен.

Целью статьи – разработка оптимальной методики расчета величины плотности потока энергии в спецпомещениях, являющихся промежуточными между беззховыми и экранированными. Методика учитывает явления отражения и интерференции электромагнитных волн и дает количественную оценку опасных электромагнитных полей при многолучевой интерференции.

К специальным относятся помещения, предназначенные для настройки, испытания и эксплуатации радиоэлектронных средств (РЭС), изготовленные из материала с коэффициентом отражения ($\Gamma = 0,1 \div 0,5$) и имеющие достаточно высокую эффективность экранирования. Расчет максимальной величины ППЭ производится по следующему алгоритму: определяется влияние рабочего помещения на распространение в нем электромагнитных волн; рассматриваются возможные источники излучения; производится характеристика рабочего диапазона частот; определяется максимальная величина ППЭ и расстояние источника на котором она наблюдается; определяется количество учитываемых преобразований; вычисляется интерференционная поправка к максимальной величине плотности потока энергии; выводится конечная формула для определения плотности потока энергии в спецпомещениях.

Из-за малости длины волны по сравнению с размерами помещения, расчет по точным формулам весьма громоздок из-за возбуждения большого числа собственных волн помещения. Возможен расчет влияния помещения методом учета небольшого числа преобразований волн источника поля. Однако в этом методе предполагается, что стенки помещения являются плоскими отражателями ($\Gamma \leq -1 \div 1$). Последнее условие всегда выполняется, так как нецелесообразно проводить эксплуатацию СВЧ излучателей в высокочастотных объемных резонаторах.

Таким образом, будем оценивать влияние помещения путем расчета количества учитываемых преобразований. Приведем на его основе расчет суммарной ППЭ, обусловленной интерференцией.

При расчете количества учитываемых преобразований существенную роль играет характер источника, поскольку рассматриваемая нами область относится к ближайшей зоне излучения источника. Рассмотрим области излучения источников поля. *Первая область – реактивная*, простирается от антенны на расстояние в несколько размеров апертуры, обычно не более чем на три. *Вторая область – ближняя зона*, излучение в которой достигает своего наибольшего значения. Итак, для определения максимальной величины ППЭ в спецпомещении требуется определить максимальную ППЭ источников в ближайшей зоне излучения. Максимальная величина ППЭ источника и расстояние от источника на котором она наблюдается, определяется $R = 0,36 \cdot D^2 / \lambda$ для плоского квадратичного распределения поля, как для спадающего круглого распределения $R = 0,2 \cdot D^2 / \lambda$.

Сравнивая эти результаты, полученные путем расчета по формулам Гюйгенса-Котлера с френелевским приближением, видим, что наблюдается хорошее соответствие. С определенной степенью погрешности, допустимой для наших условий примем $R = 0,25 \cdot D^2 / \lambda$.

Плотность потока энергии на оси квадратичной апертуры

$$P_{\max} = 13,3 \text{ Пдз} = 3,3 \cdot P / \text{Сан} .$$

Для круговой апертуры ППЭ определяется как:

$$\Pi_{\text{макс}} = 42 \Pi_{\text{ДЗ}} = 4,9 \cdot P / \text{San}; \quad \Pi_{\text{ДЗ}} = 3\pi P / (64D^2).$$

Согласно требованиям учета худших режимов работы аппаратуры принимаем

$$\Pi_{\text{макс}} \leq 5 \cdot P / \text{San}.$$

Расчет $R(\Pi_{\text{макс}})$ введем по формуле $R = 0,25 \cdot D^2 / \lambda$. Отсюда видно, до каких расстояний поле не расходится, и поэтому размеры картины поля примерно совпадают с размерами излучающей апертуры:

$$f(R) = R(\Pi_{\text{макс}}) / R.$$

Для случая $\Gamma \leq 0,5$ и различного расположения источников излучения с учетом линзового эффекта приходим к выводу, что в таких помещениях можно учитывать только одно переотражение. Поэтому будем рассматривать интерференцию только прямой волны и первой отраженной. Из сравнения случаев различного положения источника заключаем, что

$$|E_{\text{отр}}| \leq E_{\text{макс}} \cdot \Gamma.$$

Поэтому мультипликативная поправка к $\Pi_{\text{макс}}$ имеет вид:

$$\Delta_{\text{интер}} \leq (1 + \Gamma)^2.$$

Итак, при работе источников диапазона СВЧ в помещении ($R \gg \lambda$) максимальная ППЭ не превышает $\Pi_{\text{макс}} \leq 5 \cdot P / \text{San} \cdot (1 + \Gamma)^2 f(R)$.

Если имеется n источников, то $\Pi_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Pi_j$.

Выводы. Получены практические формулы для выделения опасных зон в спецпомещении. Данная методика может найти широкое применение при измерении ППЭ в салонах средств связи СВЧ диапазона и радиолокационных станций.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сканирующие антенные системы СВЧ: Пер. с англ. / Под ред. Р.С. Хансена. – М.: Сов. радио, 1966. – 536 с.
2. Дзюндзюк Б.В. Теория и практика электромагнитной безопасности эргатических систем. – Х.: ХТУРЕ, 1998. – 175 с.
3. Антенны и устройства СВЧ / Н.А. Бова и др. – К.: Вища школа, 1982. – 278 с.

Поступила 12.01.2006

Рецензент: доктор технических наук, профессор Б.В. Дзюндзюк,
Полтавский военный институт связи.