

СИНТЕЗ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОЛЯ РАССЕЯНИЯ СВЧ-ПЕЧИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА МНОГОМОМЕНТНОЙ СТАТИСТИЧЕСКОЙ РЕГУЛЯРИЗАЦИИ

Введение

В современных условиях происходит интенсивное развитие бытовых радиоизлучающих приборов. К ним можно отнести мобильные телефоны, телефоны с радиоудлинителями, беспроводные средства доступа к телекоммуникационным сетям, СВЧ-печи. Увеличение количества радиоизлучающих приборов приводит к увеличению их экологического воздействия на человека. Установленные нормы излучения, как правило, применяются к одиночным приборам. В связи с этим возникает задача оценки интенсивности излучения в реальной обстановке при одновременном использовании приборов такого типа. Нормированию излучений уделяется большое внимание [1, 2], однако вопросы оперативного контроля реальных уровней излучения стационарных и мобильных телекоммуникационных сетей в большинстве учреждений и в бытовых условиях рассматриваются весьма ограниченно. Одной из причин такого несоответствия является слабое развитие (относительно аппаратуры телекоммуникационных сетей) портативных средств измерения мощности излучения и доз облучения радиотехнического диапазона.

Основная часть

Цель работы – исследование полей рассеивания бытовых приборов в диапазоне 0,1 – 3,5 ГГц. Для этого авторами был разработан малогабаритный индикатор мощности для диапазона частот 0,1 – 3,5 ГГц [3]. Измеритель позволяет оценивать мощность радиоизлучения в пределах от +10 до -70 дБм, дискретность отсчета 10 дБм. Световой индикатор прибора позволяет визуально контролировать суммарную мощность излучения и обеспечивает контроль излучений. Звуковой индикатор позволяет распознавать источники излучений по характеру их работы и осуществлять поиск зон локализации излучений. Цифровой индикатор обеспечивает измерение действующего значения переменной составляющей излучений. При помощи указанного индикатора авторами выполнены измерения мощности излучения СВЧ-печи на удалении от 0 до 700 мм от её стенок. Измерения выполнялись на уровне пола СВЧ-печи, на высоте 100 и 200 мм от днища печи. По полученным данным может быть построена модель её поля рассеивания.

Рассмотрим построение интерполяционной математической модели с использованием алгебраического полинома вида

$$f(S) = \sum_{i=1}^n a_i \cdot S_i^n, \quad (1)$$

где a_i – коэффициенты полинома, S_i – геометрическая координата, n – порядок полинома.

Аппроксимируемая и аппроксимирующая функция характеризуется математическими ожиданиями M_y и M_f , дисперсиями D_y и D_f , а также среднеквадратичными отклонениями S_y и S_f , соответственно определяемые по формулам (2) – (5):

$$M_y = \sum_{i=1}^k \frac{y_i}{k}, \quad (2)$$

$$M_f = \sum_{i=1}^k \frac{f_i}{k}, \quad (3)$$

$$D_y = \frac{\sum_{i=1}^k (y_i - M_y)^2}{k}, \quad (4)$$

$$D_f = \frac{\sum_{i=1}^k (f_i - M_f)^2}{k}, \quad (5)$$

где y_i – экспериментальные данные, f_i – аппроксимирующая функция

Критерий минимизации ошибки при аппроксимации данных полиномом заданного порядка n принимаем в виде

$$I(n) = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k [y_j - \sum_{i=1}^n a_i \cdot S_j^i]^2 \quad (6)$$

Критерий (6) позволяет получить коэффициенты аппроксимирующего полинома при заданном значении порядка n , но не позволяет выбрать наилучшее значение порядка n . Для выбора наилучшего значения n целесообразно ввести критерий (7), который обеспечивает определение n из условия близости статистических моментов нулевого и первого порядка аппроксимируемой и аппроксимирующей функций

$$E = \sqrt{[S_y(n) - S_f(n)]^2 + [M_y(n) - M_f(n)]^2} \quad (7)$$

На основании формулы (1) при использовании критериев (7) и (8) выполнена аппроксимация экспериментальных данных полиномами (1) – (16) степени на основе минимизации суммы квадратов ошибок. Минимизация критериев (6), (7) составляет основу метода многомоментной статистической регуляризации.

В таблице приведены результаты расчетов математического ожидания, дисперсии и ошибок аппроксимации при различных значениях степени полинома n

n	E	$S_y - S_f$	$M_y - M_f$
1	9.9	6.2	0.0
2	9.3	5.9	0.1
3	8.8	5.9	0.1
4	6.7	4.6	0.5
5	6.5	4.3	0.5
6	5.6	4.0	0.9
7	5.5	4.0	0.9
8	5.3	3.8	0.8
9	3.0	2.3	0.8
10	3.3	2.4	0.9
11	3.1	2.3	0.9
12	2.4	1.1	2.1
13	21.4	-7.9	2.1
14	59.0	-21.9	-5.8
15	392.9	-176.6	-5.8
16	1046.2	-424.1	110.4

Анализ таблицы показывает, что для 17 точек экспериментальных данных наилучшие результаты аппроксимации, в смысле критерия (7), получены для $n = 12$. Была определена минимальная среднеквадратичная погрешность аппроксимируемой кривой, $E = 2.4$. На рис 1–4 представлена аппроксимация экспериментальных данных полиномом 10-й – 13-й степени соответственно при условии минимизации критерия (7)

P ДБм

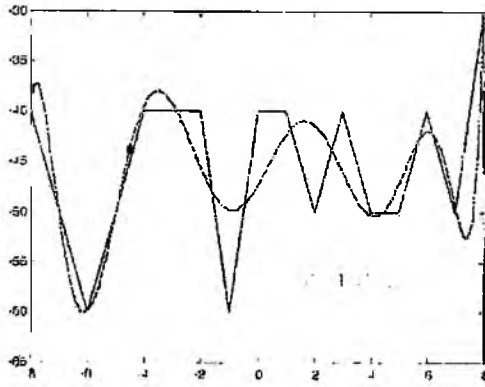


Рис. 1

P ДБм

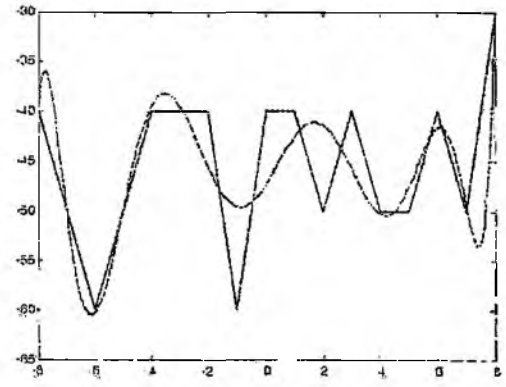


Рис. 2

P ДБм

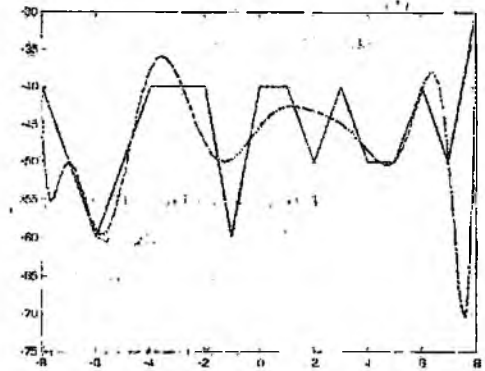


Рис. 3

P ДБм

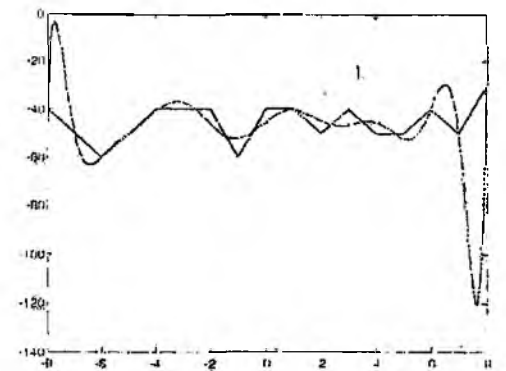


Рис. 4

Выводы

Исследования показывают, что наибольшая интенсивность поля рассеяния СВЧ-печи в диапазоне 0,1–3,5 ГГц наблюдается со стороны остекления двери. Чувствительность индикатора [3] достаточна для решения задач экологического мониторинга радиоизлучения бытовых приборов. Предложена математическая модель поля рассеяния СВЧ-печи и алгоритм её оптимизации с использованием статистических моментов нулевого и первого порядков

Список литературы: 1 *Наказ* министерства охорони здоров'я України N 239 від 01.08.96 "Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань". 2 *Мордачев В. И.* Оценка экологической опасности электромагнитного поля, создаваемого средствами мобильной радиосвязи // *Электросвязь*. 2007. №9. С. 31–41. 3 *Поповский В. В., Черный С. В., Нетикова Т. И., Акулов В. Н.* Портативный измеритель мощности излучения беспроводных телекоммуникационных систем диапазона 0,1–3,5 ГГц // *МРФ-2008*. Т. 2 «Телекоммуникационные системы и технологии» 2008. С. 218–221.

Харьковский национальный
университет радиотехники

Поступила в редакцию 17.11.2008