

С. В. ЕЛЯГИН, В. Е. ДЕМЕНТЬЕВ

АНАЛИЗ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА ЭНЕРГИИ (ППЭ) ВБЛИЗИ АНТЕНН СТАНДАРТА GSM

Предложен и обоснован механизм определения точки максимального уровня электромагнитного поля и направления на антенну, вносящую наибольший вклад в уровень сигнала. Приведены результаты измерений ППЭ на территории действия нескольких антенн стандарта GSM.

Ключевые слова: электромагнитное поле, плотность потока энергии, измерения, антенны GSM.

Поддержано грантом РФФИ 09-07-99002-р_офи.

Введение

В последнее время значительную актуальность имеют задачи, связанные с исследованиями экологической ситуации в той или иной области. Среди таких задач можно выделить экологический мониторинг электромагнитной обстановки. Важность задачи обуславливается широким распространением радиопередающих устройств высокой мощности и необходимостью контроля влияния этих устройств на здоровье населения. В работах [1-3] предложена новая технология дистанционного автономного мониторинга, позволяющая получать объективную и актуальную информацию о состоянии электромагнитного поля на заданной территории. Результатом мониторинга электромагнитного загрязнения является набор электронных карт местности с отметками значений плотности потока энергии.

Постановка задачи

Поскольку разработанная технология мониторинга позволяет привязывать значения ППЭ к географическим координатам, то полученные в процессе мониторинга измерительные данные будут носить дискретный характер и будут расположены строго по маршруту движения. В связи с этим возникает ряд задач, связанных с необходимостью:

- прогнозирования значений ППЭ вблизи точек измерений;
- обработки измерений при их значительных частотно-временных флуктуациях [2];
- определения участков местности с наибольшим уровнем ППЭ.

В работе [3] была показана возможность использования выражения (1) [4] для вычисления расстояния от антенны до точки с

наибольшим уровнем ППЭ. Также были предложены два метода определения участков местности с наибольшим уровнем ППЭ по экспериментальным данным.

$$P = \frac{N_{nn} \cdot P_{max} \cdot 10^{0.1G_{npd}} \cdot \theta_z^2(\varphi_z) \cdot \theta_g^2(\varphi_g)}{4\pi R^2}, \quad (1)$$

где N_{nn} – число приемо-передатчиков; P_{max} – максимальная мощность передатчика; G_{npd} – коэффициент усиления антенны; $\theta_z(\varphi_z)$ и $\theta_g(\varphi_g)$ – нормированная диаграмма направленности передающей антенны (ДНА) в горизонтальной и вертикальной плоскостях (в статье будем использовать выражение $\sin(x)/x$ для описания ДНА [4]); R – расстояние от центра передающей антенны до точки наблюдения.

Следует отметить, что использование вышеперечисленных методов возможно лишь при известных координатах установки антенны и при известных углах поворота антенны в азимутальной и угломестной плоскостях. Поскольку при мониторинге зачастую отсутствуют сведения о технических характеристиках антенн, то следует предложить механизм обнаружения участка местности с наибольшим уровнем ППЭ при неизвестных параметрах антенн.

Реализация процедуры поиска участка с наибольшим уровнем ППЭ из-за значительных частотно-временных флуктуаций не может заключаться в поиске наибольшего значения ППЭ на заданной территории. Кроме того, по одному значению невозможно определить направление на антенну, формирующую найденное наибольшее значение ППЭ.

Реализация способа

Для решения поставленной задачи предлагается использовать корреляционный анализ двумерной области экспериментальных данных с использованием скользящего окна - шаблона (см. рис. 1), формируемого по формуле (1) с типовыми для антенн параметрами.

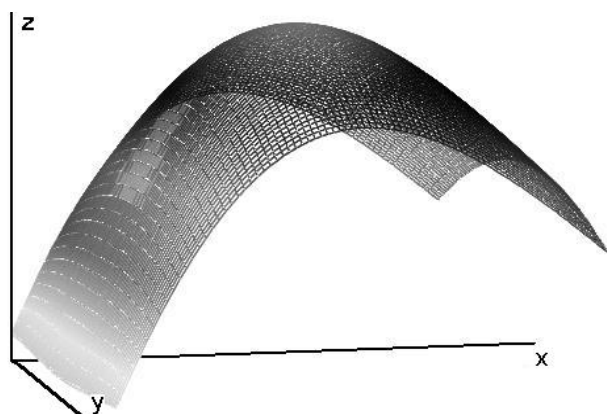


Рис. 1. Вид скользящего окна

Из рис. 1 видно, что шаблон имеет асимметричный вид, позволяющий определить направление на антенну.

Поскольку измерительные данные носят нерегулярный характер, то предлагается выполнять операцию усреднения измерений, попадающих в квадратную ячейку. Следовательно, скользящее окно будет состоять из нескольких ячеек. При этом одновременно необходимо решить три задачи:

1. Определить размер ячейки;
2. Определить размер скользящего окна;
3. Проверить чувствительность метода к угловому сдвигу между измерительными данными и скользящим окном.

Проведем исследование наибольших экспериментальных значений ППЭ от трех антенн.

В качестве типовых параметров антенн при формировании скользящего окна - шаблона примем: ширина ДНА в горизонтальной плоскости 65 градусов, ширина ДНА в вертикальной плоскости 10 градусов, угол наклона антенны 10 градусов, высота подвеса антенны 30 м. Следует отметить, что для корреляционного анализа мощность излучения антенн не имеет существенного значения, а высота подвеса антенны от 20 м до 40 м дает изменение коэффициента корреляции не более 4 %. На рис. 2 и рис. 3 приведены зависимости коэффициента корреляции от размера ячейки и от углового сдвига. При моделировании размер скользящего окна примерно равен $80 \times 80 \text{ м}^2$.

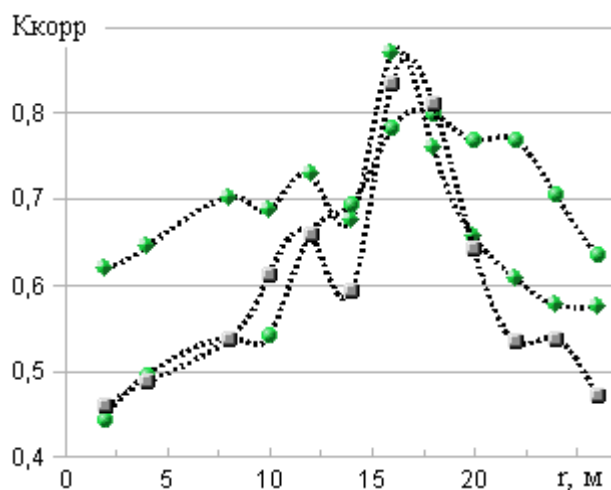


Рис. 2. Зависимость коэффициента корреляции от размера ячейки для трех антенн

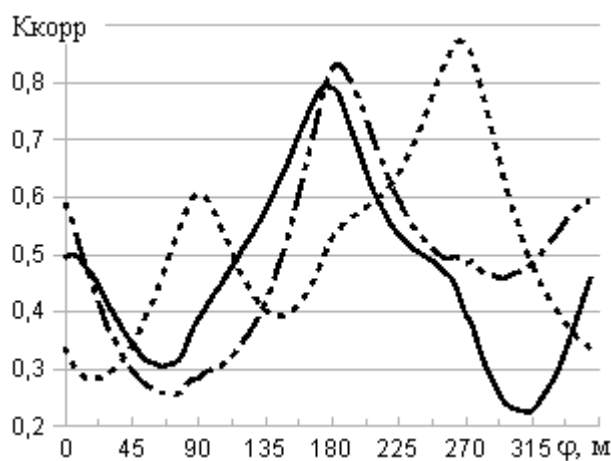


Рис. 3. Зависимость коэффициента корреляции от углового сдвига для трех антенн

Из рис. 2 видно, что наибольшее значение коэффициента корреляции наблюдается при размере ячейки $16 \times 16 \text{ м}^2$, т.е. при размере скользящего окна $80 \times 80 \text{ м}^2$ и содержащего 25 ячеек. Таким образом, при корреляционном анализе будет использоваться квадратное 5×5 скользящее окно - шаблон, каждое значение которого является средним арифметическим значением измерений, попадающих в ячейку.

Из рис. 3 следует наличие чувствительности метода к угловому сдвигу, что позволяет оценить направление на антенну, вносящую наибольший вклад в уровень электромагнитного поля.

Следует отметить, что использование медианного фильтра для обработки измерений, попадающих в ячейку менее эффективен, по сравнению с примененной процедурой усреднения значений.

Для выявления зависимости определения координат участка с наибольшим уровнем ППЭ от числа измерений, попадающих в ячейку скользящего окна, выполним поиск указанного участка при различном числе измерений, приходящихся на одну ячейку (контролируемые значения выбираются случайным образом из общего объема накопленных данных). Результаты моделирования по экспериментальным данным приведены в таблице. За начало координат принято место установки исследуемых антенн (антенны 1-3).

Результаты поиска координат участков с наибольшим уровнем ППЭ для трех антенн при различном числе измерений, попадающих в ячейку скользящего окна

Таблица

№ антенны	Число измерений не более, шт	X, м	Y, м	Угол, град	Ккорр
1	1	-197	-34	0	0.698
	5	-191	-92	260	0.690
	10	-194	-91	260	0.773
	15	-194	-91	260	0.779
	20	-194	-91	260	0.757
	25	-191	-28	180	0.749
	30	-191	-28	180	0.762
	35	-191	-27	180	0.788
	40	-191	-27	180	0.797
2	1	21	-164	260	0.781
	5	15	-168	260	0.805
	10	17	-166	260	0.828
	15	18	-166	260	0.804
	20	15	-164	260	0.797
	25	40	-202	180	0.834
	30	40	-203	180	0.829
	35	40	-203	180	0.822
	40	40	-203	190	0.819
3	1	-112	411	180	0.761
	5	-182	317	200	0.743
	10	-137	274	270	0.752
	15	-129	281	260	0.751
	20	-130	282	270	0.841
	25	-130	282	270	0.881
	30	-130	282	270	0.880
	35	-130	282	270	0.871
	40	-130	282	270	0.865

Из таблицы видно, что при числе измерений на ячейку скользящего окна более 25 значение координат практически не изменяется.

Используя технические характеристики трех первых антенн, выполним поиск участка местности с наибольшим уровнем ППЭ для трех режимов:

Режим 1. Теоретическая картина электромагнитного поля, формируемая тремя анализируемыми антеннами по формуле (1);

Режим 2. Теоретическая картина электромагнитного поля, формируемая тремя анализируемыми антеннами и девятью соседними антеннами по формуле (1);

Режим 3. Экспериментальная картина электромагнитного поля.

Результат моделирования приведен на рис. 4, из которого видно, что наличие соседних антенн приводит к смещению теоретического максимума и угла антенны в азимутальной плоскости (указан стрелкой), полученных в режиме 1. Отмеченная тенденция присуща как режиму 2, так и режиму 3, хотя между ними наблюдается существенное расхождение, вызванное применением однолучевой модели распространения сигнала и использованием приближенных характеристик соседних антенн.

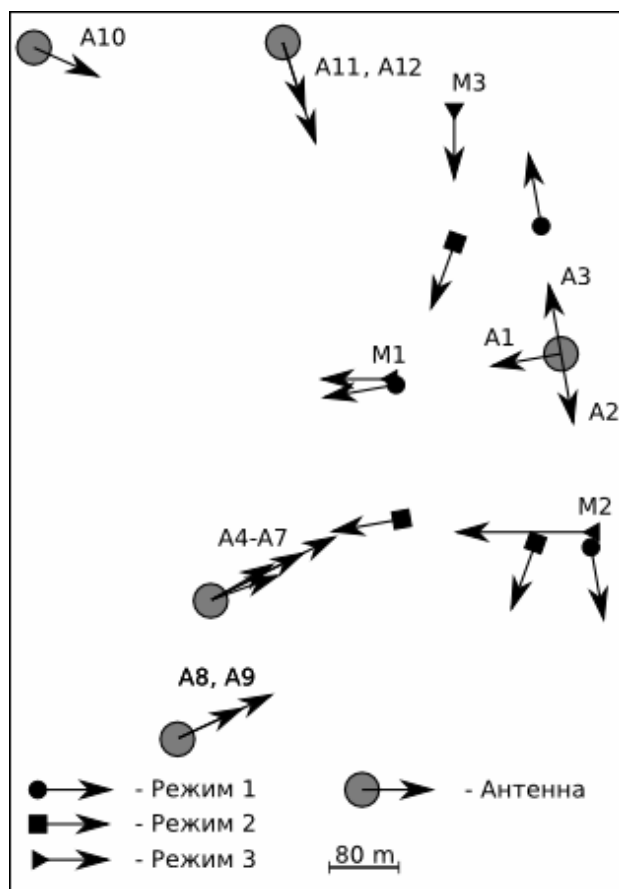


Рис. 4. Схема размещения антенн и мест с наибольшим уровнем ППЭ для трех режимов моделирования

Следует отметить, что при моделировании использовались основные параметры антенн 4-12, совпадающие с типовыми параметрами, принятыми при формировании скользящего окна – шаблона. Несколько стрелок (рис. 4) указывают наличие нескольких антенн, установленных в одном месте.

Учет и уточнение вышеперечисленных параметров видится лишним, поскольку достигнут желаемый результат: найдены участки с наибольшим значением ППЭ, а угол в азимутальной плоскости указывает на антенну, вносящую наибольший вклад в максимальное значение ППЭ на заданном участке. Из рис. 4 легко видеть, что максимум ("треугольник"):

- M1 создается антенной A1;
- M2 создается антенной A2;
- M3 создается антеннами A11 и A12.

В качестве иллюстрации на рис. 5 приведена экспериментальная картина исследуемого электромагнитного поля. Число измерений составляет 23768 значений, полученных с временным интервалом в 1 с.

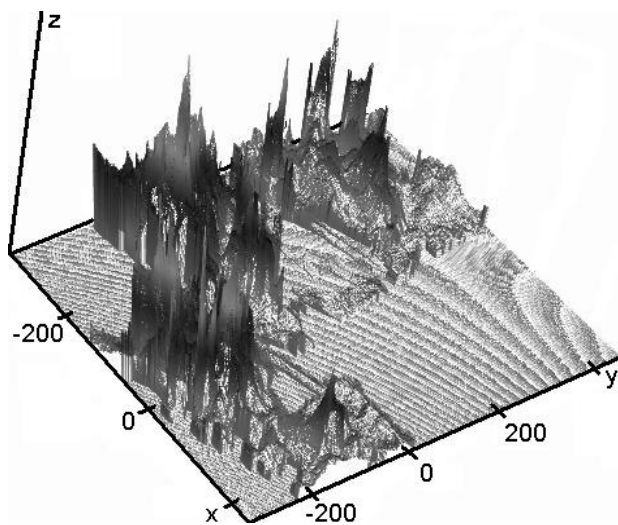


Рис. 5. Экспериментальная картина электромагнитного поля

Заключение

Таким образом, в настоящей работе предложен и обоснован механизм определения точки максимального уровня электромагнитного поля и направления на антенну, вносящую наибольший вклад в уровень сигнала. В перспективе предложенная методика может позволить определять неизвестные априори параметры источников электромагнитного загрязнения по результатам мониторинга территории.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Елягин, С.В. Проверка адекватности измерений, получаемых с помощью мобильного измерительного терминала / Елягин С.В., Дементьев В.Е. // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота: Математика, физика, технические науки, архитектура, строительство и методика их преподавания. – 2009. – № 6 (25). – С. 54-57.
2. Елягин, С.В. Измерение плотности потока мощности с помощью мобильного измерительного терминала // Вестник Ульяновского государственного технического университета. – 2008. – №2. – С. 56-58.
3. Елягин, С.В. Анализ плотности потока мощности (ППМ) вблизи излучающих антенн // Вестник Ульяновского государственного технического университета. – 2008. – №4. – С. 51-54.
4. Марков, Г.Т. Антенны. Учебник для студентов радиотехнических специальностей вузов Изд. 2-е, перераб. и доп. / Г.Т. Марков, Д. М.Сазонов // М.: «Энергия», 1975. – 528с.

.....

Елягин Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Телекоммуникации» УлГТУ. Имеет работы в области радиотехники и связи.

Дементьев Виталий Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Телекоммуникации» УлГТУ. Имеет работы в области статистического анализа и синтеза изображений.