

**Исследование энергетических параметров абиотической среды
в ближней зоне источников низкочастотного электромагнитного поля**

Д.т.н. проф. Графкина М.В., д.т.н. проф. Нюнин Б.Н., к.т.н. Свиридова Е.Ю.

Университет машиностроения

8 (499) 267-16-05

esomati@mail.ru

Аннотация: Одной из задач системной экологии является изучение изменений абиотической среды обитания в результате хозяйственной деятельности. В настоящее время экологический мониторинг низкочастотных электромагнитных полей в абиотической среде застроенных территорий строится на исследовании амплитудного спектра напряженности электрического поля и напряженности магнитного поля. На основе схожести волновых процессов теоретически показана возможность интенсиметрического подхода к мониторингу и определению комплексной интенсивности низкочастотного электромагнитного поля. Представлено теоретическое и практическое обоснование исследования активной составляющей комплексной интенсивности в ближней зоне низкочастотного источника электромагнитного воздействия.

Определение активной составляющей интенсивности позволит найти направление на источник излучения и разработать наиболее эффективные методы защиты. Кроме этого, проведение интенсиметрических измерений низкочастотных электромагнитных полей позволит в дальнейшем перейти к оценке суммарного негативного воздействия на человека и природную среду.

Ключевые слова: абиотическая среда обитания, экологический мониторинг, низкочастотное электромагнитное поле, энергетические параметры, комплексная интенсивность, активная интенсивность, реактивная интенсивность, ближняя зона

Абиотическая среда обитания на застроенных территориях характеризуется постоянно возрастающим электромагнитным загрязнением. Основными источниками низкочастотных электромагнитных полей являются: линии электропередачи, силовые трансформаторные подстанции, распределительные пункты системы энергоснабжения, воздушные электрические сети, автотранспорт, сети питания наземного электротранспорта и т.д. В соответствии с существующими методами оценки и экологического мониторинга низкочастотных электромагнитных полей определение их уровня включает в себя исследование амплитудного спектра напряженности электрического и напряженности магнитного полей. В научно-исследовательской практике также не принято определять энергетические параметры низкочастотного электромагнитного поля (ЭМП), т.к. считается, что электромагнитная волна в ближней зоне источника излучения еще не сформировалась, поэтому при проведении исследования низкочастотных электромагнитных полей энергетические параметры ЭМП не оцениваются. Нормирование по энергетическим показателям в настоящее время имеет место только для ЭМП радиочастотного спектра (в этом случае нормируется энергетическая экспозиция и плотность потока энергии).

Однако для определения энергетических параметров шума в ближней зоне источника существуют определенные методики [1]. Учитывая схожесть волновых процессов, происходящих в звуковом и электромагнитном поле и, имея определенные наработки в данной области [2, 3], авторы предлагают новый подход к оценке уровня низкочастотных электромаг-

нитных полей – переход от измерения амплитудных характеристик к определению энергетических параметров.

Цель данного исследования – теоретическое и практическое обоснование возможности интенсиметрии низкочастотного ЭМП при определении энергетических параметров абиотической среды застроенных территорий.

В ближней зоне ЭМП происходит два качественно различных в энергетическом отношении процесса. Первый процесс – это процесс периодического обмена энергией между источником энергии и ближней зоной (реактивная интенсивность I_i). Энергия то забирается от источника и накапливается в электромагнитном поле ближней зоны, то отдается обратно источнику.

Второй процесс – это процесс излучения энергии (активная интенсивность I_a). Он характеризует волновой процесс в ближней зоне. Излучаемая энергия составляет относительно небольшую величину по сравнению с энергией, периодически накапливаемой в электромагнитном поле ближней зоны и затем отдаваемой источнику питания. [4]

Как и в общей теории волновых процессов, в теории электромагнитного поля существует понятие комплексной интенсивности, включающей в себя активную и реактивную составляющие:

$$\vec{I}_k = \vec{I}_a + i\vec{I}_i, \quad (1)$$

где \vec{I}_a – вектор активной интенсивности ЭМП, Bm/m^2 ;

\vec{I}_i – вектор реактивной интенсивности ЭМП, Bm/m^2 .

При этом:

$$I_a = \sqrt{I_{ax}^2 + I_{ay}^2 + I_{az}^2}, \quad (2)$$

где I_a – активная интенсивность ЭМП, $\frac{Bm}{m^2}$;

$I_{a_{ux}}$ – активная интенсивность ЭМП в проекции на ось X, Bm/m^2 ;

$I_{a_{uy}}$ – активная интенсивность ЭМП в проекции на ось Y, Bm/m^2 ;

$I_{a_{uz}}$ – активная интенсивность ЭМП в проекции на ось Z, Bm/m^2 .

$$I_i = \sqrt{I_{ix}^2 + I_{iy}^2 + I_{iz}^2}, \quad (3)$$

где I_i – реактивная интенсивность ЭМП, Bm/m^2 ;

I_{ix} – реактивная интенсивность ЭМП в проекции на ось X, Bm/m^2 ;

I_{iy} – реактивная интенсивность ЭМП в проекции на ось Y, Bm/m^2 ;

I_{iz} – реактивная интенсивность ЭМП в проекции на ось Z, Bm/m^2 .

Комплексная интенсивность может быть определена с помощью функции взаимного спектра, где амплитуда взаимного спектра равна произведению амплитуд обоих мгновенных спектров, а его фазовый угол равен разности присущих этим взаимным спектрам фазовых углов.

Взаимный спектр является комплексной величиной (имеет как действительные, так и мнимые составляющие). Амплитуда взаимного спектра характеризует полную энергию ЭМП в заданной точке, а фаза представляет разность фаз между напряженностью электрического и напряженностью магнитного поля.

Комплексная интенсивность ЭМП, таким образом, равна:

$$I_k = E \cdot H^* = (|E| \cdot \cos \varphi_1 + i|E| \cdot \sin \varphi_1) \cdot (|H| \cdot \cos \varphi_2 - i|H| \cdot \sin \varphi_2) =$$

$$= |E| \cdot |H| \cdot (\cos(\varphi_1 - \varphi_2) + i \cdot |E| \cdot |H| \cdot \sin(\varphi_1 - \varphi_2)),$$
(4)

где E – напряженность электрического поля, В/м;

H – напряженность магнитного поля, А/м;

H^* – комплексно сопряженная величина напряженности магнитного поля, А/м;

φ_1 – фаза напряженности электрического поля;

φ_2 – фаза напряженности магнитного поля.

В выражении (4) присутствует как действительная, так и мнимая части интенсивности электромагнитного поля. Действительная часть взаимного спектра называется «совпадающим (коинцидентным) спектром» или «ко спектром», а его мнимая часть имеет обозначение «сдвинутый (квадратурный) спектр» или «квад-спектр» [5].

При усреднении по времени (за период) реактивная интенсивность обращается в ноль, остается только активная интенсивность, которая может быть измерена.

Для определения реактивной интенсивности добавляется 90° к начальной фазе напряженности электрического поля и на выходе анализатора спектра получается ее значение:

$$\operatorname{Re}[I_{\varphi_e+90^\circ}] = \operatorname{Re}[(I_a + i \cdot I_i)e^{-i\pi/2}] = \operatorname{Re}[-i \cdot I_a + I_i] = I_i,$$
(5)

где I_a – активная интенсивность ЭМП, $\text{Вт}/\text{м}^2$; I_i – реактивная интенсивность ЭМП, $\text{Вт}/\text{м}^2$; φ_E – начальная фаза напряженности электрического поля, град.



Рисунок 1. Схема определения комплексной интенсивности низкочастотного ЭМП

Таким образом, в любой точке низкочастотного ЭМП можно определить комплексную интенсивность – энергетический параметр ЭМП.

Схема определения комплексной интенсивности низкочастотного ЭМП представлена на рисунке 1.

Следуя данной схеме, авторы для экспериментального определения энергетических параметров низкочастотного ЭМП разработали измерительную систему, которая состояла из антенн измерительных, октафона аналого-цифрового преобразователя (АЦП), а также двухканального анализатора спектра. В качестве источника ЭМП промышленной частоты была использована лабораторная установка на основании трансформатора ТУ 16-717.137-83 с напряжением первичной цепи 220 В и нагрузкой на вторичную цепь в 150 Вт.

При проведении интенсивметрических измерений одновременно измерялись напряженности электрического и магнитного полей, после этого преобразованный с помощью АЦП сигнал передавался на анализатор спектра и определялась активная интенсивность (при этом угол между антеннами составлял 90 градусов).

В результате эксперимента был получен спектр активной интенсивности низкочастотного ЭМП в ближней зоне источника излучения в абсолютных единицах (рисунок 2). Активная интенсивность положительна, т.е. имеет направление от источника излучения, максимальное ее значение на частоте 50 Гц достигает $8,7 \text{ кВт/м}^2$.

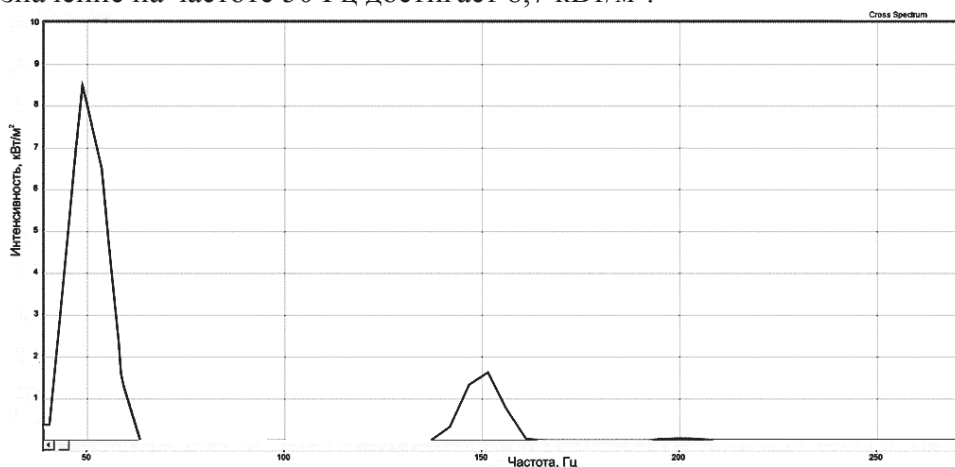


Рисунок 2. Спектр активной интенсивности низкочастотного ЭМП в ближней зоне источника излучения

Определение активной интенсивности позволит найти направление на источник излучения.

В большинстве случаев в абиотической среде обитания на застроенных территориях приходится иметь дело с несколькими источниками низкочастотных ЭМП, при этом не все источники являются очевидными. Активная интенсивность в этом случае укажет на источник излучения, вносящий максимальный вклад в электромагнитное загрязнение в данной точке и, таким образом, поможет разработать наиболее эффективные методы защиты.

В настоящее время санитарно-гигиеническая оценка и нормирование низкочастотных электромагнитных полей осуществляется отдельно по напряженности электрического и магнитного поля, что не дает представления об общей картине пространственного распределения энергии. Предлагаемый авторами инновационный подход позволит оценить суммарное энергетическое воздействие ЭМП на человека и природную среду, а также подойти к разработке экологически обоснованной системе нормирования низкочастотных ЭМП по энергетическим параметрам.

Литература

1. Брюль и Кьер. Интенсивность звука. – Дания: 2000. 44 с.
2. Графкина М.В., Нюнин Б.Н., Свиридова Е.Ю. Теоретические предпосылки мониторинга активной и реактивной интенсивности низкочастотных электромагнитных полей // Вестник МГСУ. 2013. № 5. с. 112—117.
3. Графкина М.В., Нюнин Б.Н., Свиридова Е.Ю. Определение энергетических параметров в ближней зоне источника низкочастотного электромагнитного поля // Вестник Белгород-

ского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 2. -с. 132-134.

4. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: электромагнитное поле. -М.: Высшая школа, 1978. 231 с.
5. Bruel & Kjaer. Frequency analysis. - Denmark: 2001. 389 p.

Исследование насоса-сепаратора газожидкостной смеси для санитарно-гигиенического отсека космической станции

Сальников Н.А.¹, к.т.н. проф. Николайкина Н.Е.¹, д.т.н. проф. Бобе Л.С.², к.т.н. Рыхлов Н.В.²

¹Университет машиностроения

²ОАО "НИИхиммаш"

8 (499) 267-07-04, nikols_153@mail.ru, salnikov.onip@bk.ru

Аннотация. В статье оценена возможность применения центробежного насоса-сепаратора газожидкостной смеси в составе системы регенерации санитарно-гигиенической воды космической станции. Представлены результаты исследования насоса-сепаратора.

Ключевые слова. Космическая станция, регенерация, насос-сепаратор, автомобильный режим, санитарно-гигиеническая вода, коэффициент проскальзывания

Жизнедеятельность экипажа на космическом корабле поддерживается комплексом систем жизнеобеспечения, основными задачами которых являются снабжение космонавтов кислородом, водой и пищей, очистка атмосферы от вредных примесей, поддержание параметров микроклимата, осуществление сбора и удаления отходов.

Реализация перспективных орбитальных и межпланетных полетов связана с совершенствованием систем жизнеобеспечения (СЖО) экипажа. Одной из важнейших составляющих СЖО являются системы водообеспечения (СВО) [1]. Эти системы должны осуществлять максимальное извлечение и регенерацию воды из водосодержащих продуктов жизнедеятельности человека и биотехнического комплекса, обеспечивая потребности экипажа в воде с минимальным добавлением воды из запасов. Одним из решающих факторов совершенства систем регенерации является максимально возможный коэффициент извлечения воды.

Работы по созданию систем регенерации воды проводились Всесоюзным научно-исследовательским и конструкторским институтом химического машиностроения НИИхиммаш (г. Москва) в содружестве с РКК «Энергия» и Институтом медико-биологических проблем (ИМБП). В результате проведенных фундаментальных исследований и опытно-конструкторских работ были разработаны эффективные малоэнергоёмкие и малоотходные технологии, основанные на физико-химических процессах, и созданы и внедрены на ОКС «Салют», «Мир» и МКС летные системы регенерации воды из конденсата атмосферной влаги и мочи (урины) [2].

На перспективных космических станциях предполагается введение оборудования для обеспечения космонавтов санитарно-гигиеническими процедурами. В настоящее время на борту космических летательных аппаратов отсутствует отсек водных процедур. Экипажи космических станций осуществляют санитарно-гигиенические процедуры при помощи влажных салфеток и полотенец. При этом на доставку чистых салфеток и полотенец расходуется большое количество средств.

В связи с расширением границ изучения космического пространства планируется экспедиция астронавтов на планету Марс. В ходе этой экспедиции экипаж космического летательного аппарата должен существовать практически автономно с минимальным потреблением ресурсов из запасов. Поэтому на перспективных космических кораблях планируется