

УДК.621.791

МОНИТОРИНГ НИЗКОЧАСТОТНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Михаил Прокофьев
НИЦ «ТЕЗИС» НТУУ

Аннотация: В настоящее время актуальной является проблема контроля уровня неионизирующих излучений. В данной статье представлены результаты разработки компактных индивидуальных портативных дозиметров для локализации источников наиболее опасных для здоровья – низкочастотных магнитных полей (НМП), позволяющих пользователю оперативно оценить уровень опасности при работе с конкретной электро- и электронной техникой в конкретном физическом пространстве.

Summary: At present time the problem of non – ionizing radiation level control is very important. The results of the elaboration of the compact personal portable dosimeters for the location of the sources which are the most dangerous for health – low frequent magnetic fields are presented in this article. These dosimeters allow to receive efficient estimation of the level of danger by using specific electric - and electronic technique in the specific physical space.

Ключові слова: Контроль уровня неионизирующих излучений, портативный дозиметр, низкочастотные магнитные поля.

I Введение

Угроза безопасности жизнедеятельности человека возрастает не только вследствие загрязнения окружающей среды, но и из-за искусственных (промышленных) электромагнитных полей (ЭМП), создаваемых электрическими и электронными устройствами. Уровень загрязнения постоянно и неуклонно увеличивается. Все крупные мегаполисы, включающие в себя десятки тысяч крупных излучающих ЭМП объектов (линии электропередач, трансформаторные подстанции, телекоммуникационные системы и др.) в общем виде представляют собой мощные широкополосные источники ЭМП. Не менее, а в ряде случаев, и более опасными для здоровья человека представляются локальные ЭМП, источниками которых являются электрические и электронные приборы, используемые человеком в промышленности и в быту.

II Медико-биологическое воздействие низкочастотных магнитных полей на биосистему человека. Предельно допустимые уровни низкочастотных магнитных полей

НМП на сегодня являются не достаточно исследованным объектом в области неионизирующих излучений, обладающих очень высокой проникающей способностью. Традиционный путь минимизации электромагнитного облучения посредством экранирования источников НМП на низких частотах малоэффективен. Радикальные решения с целью экранирования и уменьшения НМП до уровня, безопасного для здоровья человека, дорогостоящие, а в условиях высокой плотности размещения и одновременной работы большого количества технических средств, малоэффективны.

Следует помнить, что безопасного для здоровья человека техногенного уровня НМП нет. Слабые низкочастотные излучения вредны для человека уже потому, что неестественны для него и выходят за рамки тех природных условий, в которых миллионы лет формировался организм человека и к которым он приспособлен. Являясь открытой системой, живой организм информационно взаимодействует с внешними по отношению к биологической системе электромагнитными полями, которые никак не воспринимаются нашими органами чувств. Ни один из органорецепторов человека не предупреждает его о действии источника НМП даже очень высокой интенсивности.

В результате постоянного воздействия широкого спектра искусственных электромагнитных излучений происходит рассогласование всех функциональных систем организма, постоянно включаются механизмы адаптации, развиваются патологические процессы и наступает ускоренный износ биологической системы человека [1 – 5].

До настоящего времени нет однозначного определения частотных границ НМП. Целесообразно руководствоваться стандартами по безопасности эксплуатации компьютерной техники (ГОСТ Р 50949-01, MPR 1990:8/10), а также санитарными правилами и нормами СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и СанПиН 2.2.2.542-96, представленными в таблице 1, которые устанавливают предельно допустимые уровни (ПДУ) НМП на рабочих местах.

Таблица 1 – ПДУ низкочастотных электромагнитных полей на рабочем месте пользователя персонального компьютера

Диапазон частот	ПДУ магнитного поля, нТл
5 Гц – 2 кГц	250
2 кГц – 400 кГц	25
3 МГц – 30 МГц	2,5

С другой стороны, если персонал, работающий с электро- и электронной техникой, в какой-то мере «защищен» этими нормативными документами от воздействия НМП, уровень которых превышает ПДУ, то человек в бытовых условиях практически не имеет возможности не только защититься от НМП, но даже не знает, в какой электромагнитной обстановке он находится.

III Персональные дозиметры уровня НМП

Существует ли аппаратура для контроля уровня НМП? Да, однако габариты, вес, стоимость и относительная сложность использования серийных приборов для проведения измерений являются основным препятствием для их широкого применения.

Для решения указанных выше задач в НИЦ «ТЕЗИС» НТУУ «КПИ» (Украина, e-mail: pmi@tesis.kiev.ua) разработаны три варианта недорогого высокочувствительного устройства для выявления НМП, работа с которым не требует специальной подготовки, т. е. ориентированного на широкий круг пользователей.

Устройство (**H**-сканер, модель А [4]) предназначено для обнаружения неионизирующих излучений НМП в соответствии с требованиями международного стандарта MPR II. Чувствительность дозиметра не более 10 нТл. Двухканальная активная рамочная антенна позволяет выявлять НМП в диапазоне частот от 5 Гц до 400 кГц. Измерительный канал устройства имеет выход, который позволяет использовать его в качестве первичного преобразователя - магнитной антенны. Погрешность индикации уровня НМП на дисплее **H**-сканера: 15 – 20%. Устройство имеет автономное питание и вес 600 г. Комплектуется адаптером для подключения к сети 220 В.



Рисунок 1 – **H**-сканер (модель А)

Разработанный дозиметр отвечает концепции прибора индивидуального пользования, однако в процессе его эксплуатации выявлен существенный недостаток, а именно – при выполнении измерений требуется постоянно переключать антенны на входе измерительного канала. Выполнение таких переключений в процессе сканирования на исследуемом объекте неудобно, особенно при необходимости оперативного обнаружения источника излучения НМП.

Этот недостаток был учтен при разработке новой модели индикаторного дозиметра индивидуального пользования (**H**-сканер, модель В) в котором одновременно работают и индицируются оба канала, т. е. был реализован принцип: «нажми кнопку – получи результат» [6].



Рисунок 2 – *H*-сканер (модель В)

В новой модели дозиметра изменена концепция пределов измерений: в каждом канале индицируется превышение уровня НМП относительно ПДУ от одного до десяти раз ($\times 1 \dots \times 10$). Такой диапазон пределов измерений был выбран исходя из накопленного опыта обследования реальных объектов – в отдельных случаях уровень НМП, зафиксированный на рабочем месте или в бытовом помещении, превышал ПДУ более чем в 10 раз.

О достигнутой линейности индикации уровня НМП свидетельствуют графики на рис. 3 и 4.

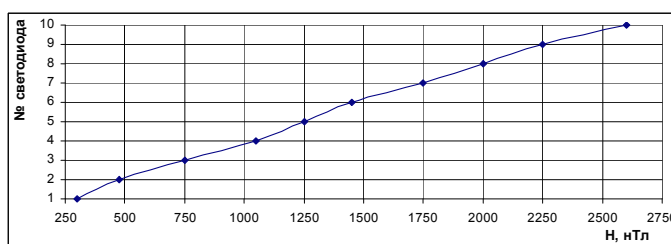


Рисунок 3. Зависимость индикации светодиодной линейки от уровня НМП в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц

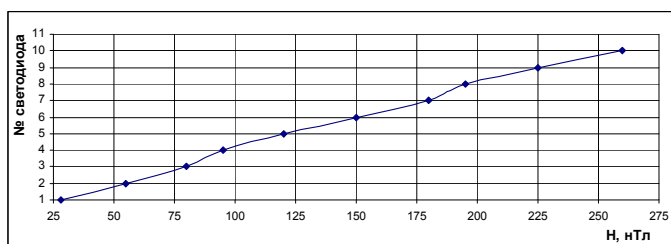


Рисунок 4 – Зависимость индикации светодиодной линейки от уровня НМП в диапазоне частот 2–400 кГц

Как видно из рисунков, реальная погрешность индикации в диапазоне частот от 5 Гц до 400 кГц не более 15 – 20%. Стремление к снижению стоимости и габаритов *H*-сканера (модели В) повлекло к отказу от измерительного канала в устройстве – он был разработан как индикатор-дозиметр.

Пределы светодиодной индикации для контроля напряженности магнитного поля: 10-ти кратное превышение ПДУ (НЧ диапазон – от 25 до 250 нТл, СЧ диапазон – от 250 до 2500 нТл). Устройство имеет автономное питание (элемент «Крона»). Комплектуется адаптером для подключения к сети 220 В. Вес дозиметра не более 500 г.

Новой разработкой 2007 г. стало появление 3-х канального индикатора-дозиметра неионизирующих излучений (*H*-сканер, модель С), имеющего в своем составе три измерительных канала, выходы с которых позволяют использовать его в качестве первичного преобразователя - магнитной антенны для

измерительных комплексов. Такой **H**-сканер позволяет одновременно контролировать величину напряженности магнитного поля в трех диапазонах частот (5 Гц – 2 кГц, 2 – 400 кГц, 3-30 МГц).

Устройство учитывает и дополнительные требования нормативного документа [5], позволяет оперативно обнаруживать источники НМП, представляет собой наиболее компактную перспективную модель для массового пользователя и не имеет аналогов.

Актуальным направлением является и разработка малогабаритных (точечных) измерительных магнитных антенн. При выполнении измерений должно быть обеспечено условие: $d \geq D$, где: d – расстояние от источника излучения до антенны, а D – апертура антенны. Антенна с малой апертурой позволяет более точно определить расстояние от нее до источника излучения, что существенно при измерениях в ближней зоне. Малое расстояние от антенны до источника излучения позволяет с высокой точностью локализовать слабые источники излучения и повысить «обнаружительную» возможность измерительного комплекса, т. к. в ближней зоне уровень сигнала убывает обратно пропорционально расстоянию в третьей степени.

Для локализации и измерения уровня НЧ излучения точечных источников желательно использовать точечные антенны с площадью рамки хотя бы в 100 – 1000 раз меньше существующих. Однако величина сигнала при таком уменьшении согласно известному закону Фарадея также уменьшится в 100 – 1000 раз. Например, на частоте 5 Гц входной сигнал в рамке антенны будет на 66 дБ меньше сигнала на частоте 10 кГц или на 84 дБ меньше сигнала на частоте 1 МГц. При уменьшении диаметра рамки антенны, например, с 250 мм до 8 мм величина сигнала в рамке уменьшится дополнительно еще на 60 дБ.

Таким образом, стартовые условия для разработчика точечных антенн – создание электронных систем усиления и обработки входных сигналов с динамическим диапазоном входных напряжений не хуже 60 ... 100 дБ – крайне затруднительны. К примеру, для выравнивания и последующего усиления сигнала в диапазоне частот 5 Гц ... 10 кГц электроника активной антенны должна иметь динамический диапазон усиления (при минимальном уровне шумов) не менее 200 ... 250 дБ. Возможно, это является одной из основных причин отсутствия на рынке средств электронной измерительной техники точечных низкочастотных *измерительных* рамочных антенн.

В НИЦ «ТЕЗИС» НТУУ «КПИ» разработаны и изготовлены образцы активных антенн для мониторинга НМП в диапазоне частот 5 Гц ... 30 МГц (серия АИМ) с выносными зондами и диаметром рамки 60 мм, 10 мм и 8 мм. Кроме увеличения чувствительности с частичной или полной компенсацией потерь от уменьшения площади рамки точечных антенн, нами была решена задача обеспечения максимальной равномерности АЧХ в рабочем диапазоне частот, что позволяет использовать данные антенны в составе комплексов для мониторинга (измерения параметров) НМП без введения поправочных коэффициентов. Для перекрытия частотного диапазона 5 Гц ... 30 МГц (23 октавы) разработаны три модификации антенн:

- АИМ 0.005.X – частотный диапазон: 5 Гц ... 10 кГц (12 октав);
- АИМ-НЧ 200.X – частотный диапазон: 200 Гц ... 400 кГц (11 октав);
- АИМ-ВЧ 0,1-30X – частотный диапазон: 100 кГц ... 30 МГц (8 октав).

Разработанные точечные антенны серии АИМ прошли метрологическую аттестацию в Укрметрестандарте.

Основные технические характеристики точечных антенн АИМ (АИМ-НЧ.005, АИМ-НЧ 200.2 и АИМ-ВЧ. 0,1-30.1) представлены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры	АИР-НЧ.005	АИМ-НЧ.200.2	АИМ-ВЧ.0,1-30.1
Рабочий диапазон частот	0,005...10 кГц	0,2...400 кГц	0,1...30 МГц
Диаметр (площадь) рамки	70 мм (15400 мм ²)	10 мм (78,5 мм ²)	8 мм (50 мм ²)
Коэффициент калибровки антенны: - номинальное значение, дБ м ⁻¹ - пределы абсолютной ошибки коэффициента калибровки, не более, дБ	28 ± 0,25 дБ; в диапазоне частот 0,02-10кГц	39,5 ± 1,3 дБ; в диапазоне 0,7...400кГц	35,3 ± 2,5 дБ в диапазоне 0,1...30 МГц
Динамический диапазон, дБ	80 дБ	82 дБ (на частоте 100кГц)	88 дБ в диапазоне 0,1-30МГц

Нелинейность на измеряемой частоте в пределах динамического диапазона, дБ, не более	± 1 дБ в диапазоне 0,02-10кГц	± 1 дБ в диапазоне 0,7-400 кГц	± 1 дБ в диапазоне 0,1-30МГц
Наибольшая измеряемая напряженность поля ρ_H , дБ мкВ/м	163	151,5	145
Тип (класс, разряд) эталонов, использованных во время аттестации	УОМП-11, $\delta_o = \pm 4,5\%$	УОМП-11, $\delta_o = \pm 4,5\%$	—

Достигнутая неравномерность АЧХ для антенны АИМ 0,005 в диапазоне частот 5 Гц ... 10 кГц не превышает $\pm 1,25\%$ (вне зоны режекции). Коэффициент калибровки антенны вне зоны режекции: $k = 28$ дБ м⁻¹ при Rвх=1 МОм и $k = 51$ дБ м⁻¹ при Rвх=50 Ом.

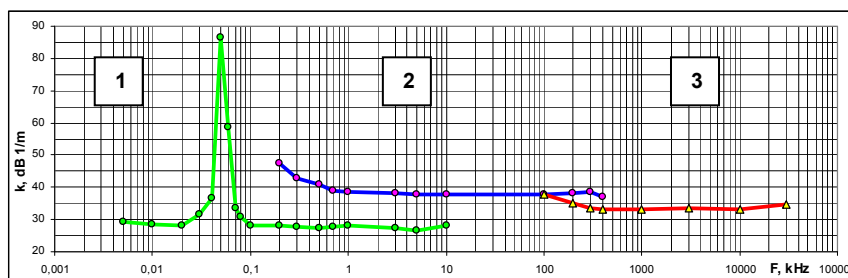


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента калибровки точечных антенн АИМ 0,005 (с включенным режекторным фильтром 50 Гц); АИМ НЧ 200 и АИМ ВЧ 0,1-30 в частотном диапазоне 5 Гц ... 30 МГц

Литература: 1. Яремчук А. А. Исследования влияния неионизирующего электромагнитного излучения. Сборник «Мониторинг и прогнозирование генетического риска в Украине». 1998, Киев, изд. Реформа, стр. 249 – 273. 2. В. Галанский, А. Лаврентьев, М. Прокофьев. Мониторинг низкочастотного магнитного поля. Сборник «Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні», №2, 2001, с. 91-95. 3. В. Галанский, А. Лаврентьев, М. Прокофьев. Измеритель низкочастотных магнитных полей. Сборник «Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні», №4, 2002, с. 161-166. 4. В. Галанский, М. Прокофьев. Низкочастотные магнитные поля: проблемы, влияние, мониторинг. Сборник докладов восьмой российской научно-технической конференции по электромагнитной совместимости и электромагнитной безопасности. Санкт-Петербург, 2004, с. 543-547. 5. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин, ДСанПН 3.3.2.007-98. 6. М. Прокофьев. Портативный дозиметр низкочастотных магнитных полей. Сборник докладов девятой российской научно-технической конференции по электромагнитной совместимости и электромагнитной безопасности. Санкт-Петербург, 2006, с. 662-664.

УДК 621.055.5

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛОВ МАСКИРОВАНИЯ РЕЧИ НА ОБЪЕКТАХ ИНФОРМАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Владимир Журавлев
НТУУ "КПИ"

Анотація: Проаналізовано інформаційні параметри і характеристики сигналів маскуванню мови. Визначена науково-технічна проблема, як протиріччя між методами ідентифікації інформаційних параметрів і характеристик сигналу маскуванню та мовного сигналу у точці несанкціонованого доступу технічної розвідки супротивника.

Summary: The analyses of masking speech signals information parameters and characteristics the identification methods of masking speech signals information parameters and characteristics in the point of