

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ: ИНСТРУМЕНТЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И КОНТРОЛЯ

С.Ерин¹

УДК 621.317.328
ВАК 05.27.00

Окружающее нас пространство пронизано электромагнитным излучением, источники которого можно разделить на две группы. К первой относятся источники природного происхождения – электрическое и магнитное поле Земли, излучение Солнца. Во вторую группу входят источники искусственного происхождения: теле- и радиостанции, ЛЭП, бытовая техника, персональные компьютеры, спутниковая связь и т.п. Рассмотрим системы контроля уровня электромагнитного излучения и меры защиты от него.

Электромагнитное излучение – одна из актуальнейших проблем человечества. Мы и не заметили, как стали жить в мире, где нас окружают всевозможные электроприборы: смартфоны, планшеты и ноутбуки, телевизоры, микроволновые печи, холодильники и посудомоечные машины. Устройства так прочно вошли в нашу жизнь, что мы и думать забыли о вреде излучения. С каждым годом возрастает число профессий, требующих многочасовой работы за компьютером.

Электромагнитное поле оказывает сильное влияние на генофонд и здоровье человека. Электромагнитные волны способны вызывать движение элементарных частиц: электронов, ионов, протонов и молекул. В клетках любого организма (от бактерии до человека) содержится большое количество заряженных молекул (белки, аминокислоты, фосфолипиды и др.). При воздействии сильного электромагнитного поля (ЭМП) заряженные молекулы совершают колебательные движения, что может нарушить работу клеток и организма в целом. В результате такого воздействия человек испытывает головокружение, головные боли, бессонницу, усталость, отмечает ухудшение концентрации внимания. Со временем эти симптомы перерастают в серьезные

недомогания: сердечную аритмию, колебания уровня сахара в крови, хронические респираторные заболевания и т.д. Люди осознают уровень влияния электромагнитных полей и принимают меры защиты.

Все, что включается в розетку или работает от аккумуляторов, излучает электромагнитные волны (ЭМВ). Пересечение ЭМВ одного оборудования с волнами другого, будь то промышленные системы или компактные устройства, не только расширяет область воздействия, но и может вывести их из строя. Ключевыми факторами являются длина и частота исходящих волн, которые обусловлены строением приборов. Поэтому каждый производитель должен замерять ЭМИ выпускаемого им оборудования. Для этого существуют государственные стандарты, нормативы, регулирующие порядок производственного контроля, аттестацию рабочих мест, проводятся научные исследования влияния производственных физических факторов (в том числе ЭМИ) на человека. Вот некоторые стандарты и нормативы, касающиеся влияния электрических и магнитных полей:

- ГОСТ 12.1.002-84 "Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля";
- СанПин 2.2.4.1191-03 "Электромагнитные поля в производственных условиях";

¹ ООО "ЭСТ-СМТ", менеджер проектов, s.erin@gruppa-est.ru.



Рис.1. Система EPS-02Ev2

- ГН 2.1.8/2.2.4. 2262-07 "Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях";
- СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона";
- ГОСТ 12.1.045-84 "Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля".

Еще одна особенность ЭМП – побочные ЭМИ (ПЭМИ). Наиболее актуальными являются вопросы, связанные с информативными ПЭМИ, которые содержат сведения об обрабатываемой информации и могут быть перехвачены заинтересованными лицами, что не исключает утечку информации.

Чтобы обеспечить нормальное функционирование электронных средств в условиях ЭМ-помех, нужно было решать вопрос электромагнитной совместимости (ЭМС). Вводились новые отечественные стандарты и методы испытаний, регламентирующие объем современных требований к техническим средствам по обеспечению ЭМС, принимались меры по внедрению норм охраны труда. Для соответствия требованиям стандартов необходимо проводить аттестационные измерения характеристик ЭМП, генерируемого различными техническими средствами (оборудованием, автомобилями, теле-, радиоаппаратурой, бытовой техникой и т.д.).

СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Известны различные инструменты для определения напряженности ЭМП и измерения плотности потока ЭМВ, но все результаты измерений отображаются в виде цифр или графиков соотношений на небольших экранах приборов. Сегодня особого внимания заслуживают разработки японской компании NoiseKep – мирового

лидера в производстве оборудования для испытаний на устойчивость к электростатике и электромагнитной индукции. Созданная фирмой **система EPS-02xxx** (рис.1) способна не только выполнять измерения ЭМП, отображая показатели в графическом виде, но и визуализировать их на экране монитора, воспроизводя в цветовой гамме силу и область воздействия ЭМП.

Различают модели системы EPS-02 для измерения высокочастотных и низкочастотных магнитных полей с учетом плотности потока, а также упрощенную систему – без частотного анализа.

Измерительный комплекс EPS-02 позволяет автоматизировать процесс сканирования ЭМИ на персональном компьютере. Система определяет положение ручного зонда, изображение сканируемого объекта совмещает с цветной полупрозрачной картой распределения интенсивности ЭМИ при помощи методики распознавания цветовых образов, создает карту распределения силы света, которую накладывает на реальное изображение сканируемого объекта. Таким образом, без особого труда можно определять источники ЭМВ, принимать меры для уменьшения их воздействия, что поможет пройти испытания на соответствие стандартам ЭМС.

Зонды различных размеров (рис.2) фиксируют данные как от малых печатных плат (рис.3), так и от крупного оборудования. Примечательно, что снятие показаний и визуализация данных занимают не более двух минут. Система особенно полезна при проектировании печатных плат с наименьшим электромагнитным воздействием (рис.4).



Рис.2. Зонды и набор насадок

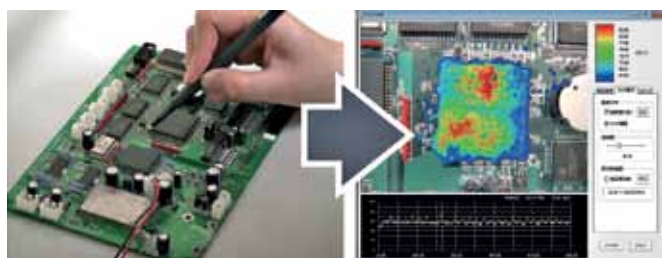


Рис.3. Замер ЭМП на компонентах печатной платы

ЭМИ принято делить по частотным диапазонами, между которыми нет резких переходов. Иногда они перекрываются, а границы между ними условны (см. таблицу). ЭМИ, у которых частоты различаются на несколько порядков, такие как радиоволны и рентгеновские лучи, имеют качественно разные свойства.

Как уже отмечалось, система EPS-02 выполняет измерения ЭМП бытовой техники, промышленного оборудования и различных устройств, а также позволяет оценить их воздействие на организм человека с учетом облучения. Карта распределения напряженности поля может дать конкретную информацию о диапазоне частот.

Кроме того, можно выполнять низкочастотные измерения магнитного поля электромобилей и гибридных электромобилей, оценить воздействие ЭМП транспортных средств на человека. Измерение ЭМП в автомобилях с аккумуляторной системой накопления энергии в диапазоне низких частот 10 Гц – 400 кГц (согласно стандарту ICNIRP 2010) позволяет определить:

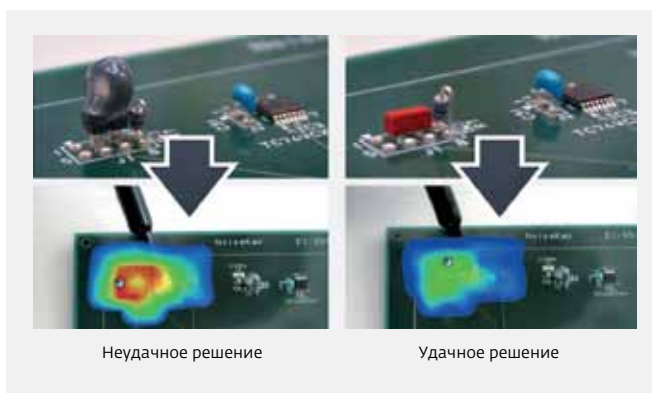


Рис.4. Визуализация измеряемой области печатной платы

- воздействие на мозг, грудную клетку (сердце) и репродуктивные органы пассажиров;
- параметры ЭМП при нормальной/ускоренной езде, при замедлении (регенерации энергии) и зарядке автомобиля.

Выполняются измерения во время бесконтактной зарядки автомобиля в диапазоне частот 10 Гц – 400 кГц, согласно стандарту международной комиссии по защите от неионизирующих излучений IEC61980-1. Замеры осуществляются внутри и снаружи транспортного средства (рис.5, 6).

Данные измерения позволяют выявить не только область распространения ЭМВ, но и определить детали и компоненты, которые излучают наиболее сильные

Международная классификация электромагнитных волн по частотам

Наименование частотного диапазона	Границы диапазона	Наименование волнового диапазона	Границы диапазона
Крайние низкие, КНЧ	3-30 Гц	Декаметровые	100-10 Мм
Сверхнизкие, СНЧ	30-300 Гц	Метровые	10-1 Мм
Инфранизкие, ИНЧ	0,3-3 кГц	Гектокилометровые	1000-100 км
Очень низкие, ОНЧ	3-30 кГц	Мириаметровые	100-10 км
Низкие частоты, НЧ	30-300 кГц	Километровые	10-1 км
Средние, СЧ	0,3-3 МГц	Гектометровые	1-0,1 км
Высокие частоты, ВЧ	3-30 МГц	Декаметровые	100-10 м
Очень высокие, ОВЧ	30-300 МГц	Метровые	10-1 м
Ультравысокие, УВЧ	0,3-3 ГГц	Дециметровые	1-0,1 м
Сверхвысокие, СВЧ	3-30 ГГц	Сантиметровые	10-1 см
Крайне высокие, КВЧ	30-300 ГГц	Миллиметровые	10-1 мм
Гипервысокие, ГВЧ	300-3000 ГГц	Децимиллиметровые	1-0,1 мм

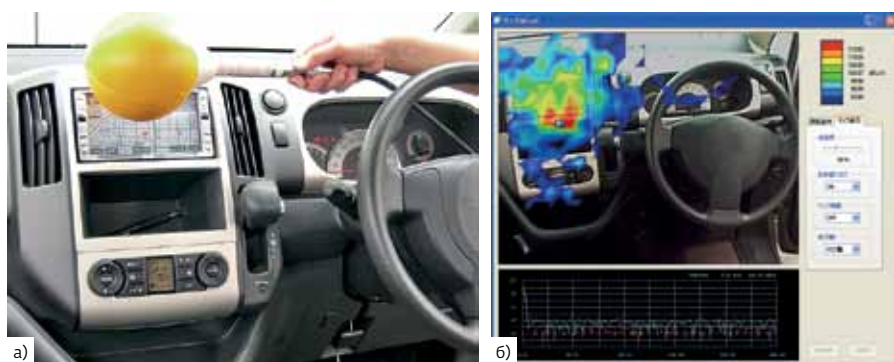


Рис.5. Измерения в салоне автомобиля (а), распределение ЭМ-поля (б)

волны и с которыми, возможно, следует провести ряд экспериментов с целью их замены на узлы с наименьшей силой ЭМП. Система EPS-02 будет полезна при проектировании новых устройств, работающих от сети или от аккумулятора, что позволит удовлетворить требованиям стандартов на соответствие и повысить качество выпускаемой продукции, значительно уменьшив оказываемое ею негативное влияние на организм. Подобные измерения необходимы и для наиболее безопасного и благоприятного расположения электронных устройств и бытовых приборов в доме или офисе, при котором их магнитные поля не пересекаются, то есть не накладываются одно на другое, увеличивая их силу и расширяя область воздействия.

Система визуализации звуковых полей – EPS-02S (рис.7) применяется для изучения полей сложной формы в целях проведения дефектоскопии и медицинской диагностики, а также для визуализации акустических изображений предметов.

EPS-02S создает карту распределения звуков, наложенную на изображение реального объекта, и показывает области сканирования (рис.8). Система измеряет интенсивность звука, то есть его энергию, идущую в одном направлении, что позволяет определить источник звука и представить его в виде изображения. Наиболее распространенный метод получения подобных данных – специальные системы локализации источника звуков. Однако они, как правило, существенно дороже, их необходимо устанавливать в безэховых камерах, а это тоже недешевое дополнение. Кроме того, данные системы невозможно использовать напрямую в местах установки оборудования (там, где необходимо снять замеры), так как они улавливают окружающие звуки в широком диапазоне. Таким образом, аргу-

менты в пользу EPS-02S очевидны: система не требует больших вложений, компактна, для работы с ней не нужна безэховая камера, подходит для использования непосредственно в местах установки оборудования.

Еще одно преимущество системы визуализации ЭМП EPS-02 – создание 3D-модели плотности напряженности ЭМП, благодаря чему можно наиболее точно определить источник ЭМВ.

ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

К мероприятиям по защите от ЭМП относятся:

- выбор режимов работы оборудования, обеспечивающих уровень излучения, не превышающий предельно допустимый;
- ограничение места и времени нахождения в зоне действия ЭМП (защита расстоянием и временем);
- обозначение и ограждение зон с повышенным уровнем ЭМП.

Защита временем применяется, когда нет возможности снизить интенсивность излучения в данной точке до предельно допустимого уровня (ПДУ). В регламентации действующих ПДУ предусмотрена зависимость между интенсивностью плотности потока энергии и временем облучения. Защита расстоянием основана на снижении интенсивности излучения, которое обратно пропорционально квадрату расстояния и применяется, если невозможно ослабить воздействие ЭМП другими мерами, в том числе защитой временем. Для каждой установки, излучающей ЭМВ, должны определяться санитарно-защитные зоны, в которых интенсивность ЭМП превышает ПДУ. Границы зон рассчитываются для каждого случая размещения излучающей установки при их работе на максимальную мощность излучения и контролируются с помощью приборов.

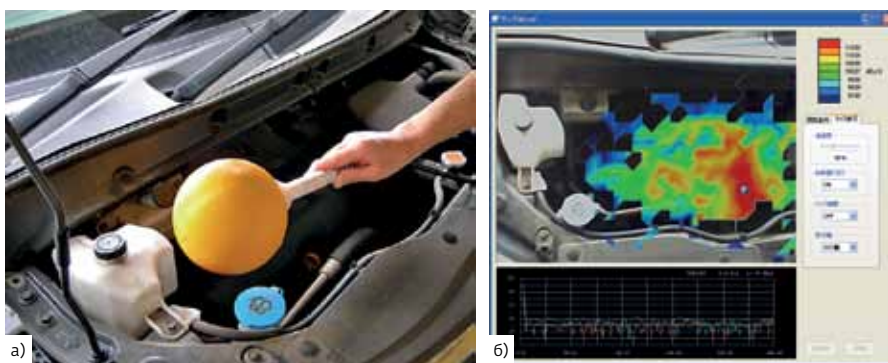


Рис.6. Измерения в районе двигателя автомобиля (а), результаты измерений (б)

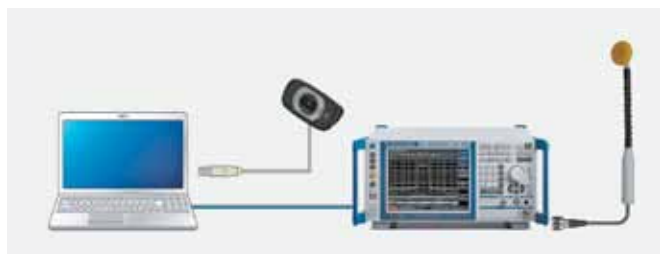


Рис.7. Система визуализации звуковых полей EPS-02S

Хотя основная ответственность возложена на производителей электронных устройств, пользователям не нужно забывать о мерах снижения воздействия ЭМВ на организм: важно выбирать приборы с наименьшей мощностью ЭМИ и размещать их в помещениях в соответствии с принятыми нормативами и правилами.

Сегодня производители предлагают различные устройства, снижающие воздействие ЭМП на человека, которые успешно проходят испытания в научных центрах России, например, "цилиндры фараона", "шунгит", "серебряный обруч", основанный на клетке Фарадея (металлическая сетка). Однако следует признать, что не каждый человек доверяет таким устройствам по снижению ЭМИ.

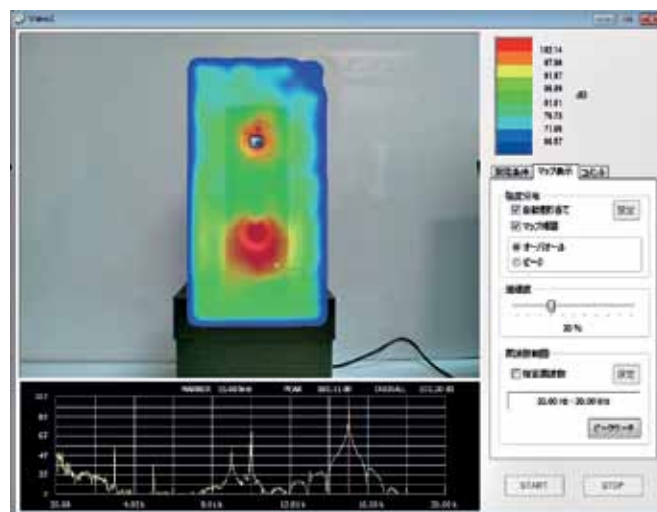


Рис.8. Карта распределения звуков на изображении объекта

ЛИТЕРАТУРА

1. noiseken.com/modules/products/index.php?content_id=245
2. <http://gostexpert.ru/gost/gost-12.1.002-84>
3. <http://gostexpert.ru/gost/gost-12.1.045-84>
4. **Akhiezer A.I., Akhiezer I.A.** Electromagnetism and Electromagnetic Waves.