

УДК 681.06

ТОЧЕЧНЫЕ АКТИВНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ РАМОЧНЫЕ АНТЕННЫ

Владислав Галанский, Александр Лаврентьев, Владимир Мац, Михаил Прокофьев
НИЦ "ТЕЗИС" НТУУ "КПИ", *Укрметртестстандарт*

Аннотация: Представлены результаты разработки точечных активных антенн для измерения магнитных полей. Определены области их применения.

Summary: The results of development of dot fissile antennas for measurement of magnetic fields are submitted. The areas of application are determined.

Ключевые слова: Точечная магнитная антенна, измерение низкочастотных полей, эффективность экранирования.

I Введение

Важным элементом системы защиты информации от технических разведок является инструментальный контроль эффективности защиты, т. е. контроль уровня и спектральных характеристик электромагнитных полей (ЭМП) в пределах контролируемого периметра защищаемого объекта. Очевидно, что для получения легитимного результата необходимо одновременное выполнение, как минимум, 2-х условий:

- строгое выполнение требований методик контроля;
- полное соответствие аппаратуры контроля метрологическим требованиям.

В общем виде схема измерения ЭМП включает в себя:

- устройство преобразования измеряемой величины в электрический сигнал (например, антенна);
- передающий тракт;
- измерительный прибор;
- устройство индикации (регистрации).

Достоверные результаты измерений с погрешностью, не превышающей заданную, могут быть получены только при условии калибровки всего тракта, его метрологической аттестации и регулярной поверке.

При измерении магнитных (электрических) полей качество измерений существенным образом зависит от геометрических и электрических параметров активной антенны. Особенно это актуально при работе в области низкочастотных магнитных полей (НМП), для измерения которых необходим набор рамочных активных антенн с требуемой амплитудно-частотной характеристикой, чувствительностью и минимальными размерами (апертурой) рамки. И если в низкочастотном диапазоне существует достаточно широкий парк измерительных приборов (Упран, NLMZ, В6-9 и др.), то набор магнитных рамочных антенн весьма ограничен, а большой размер (диаметр рамки 250 мм в антеннах АИР 3-1, АИР 3-2) дополнительно ограничивает их область применения.

II Постановка задачи

Актуальность разработки и производства широкого ряда рамочных активных антенн диктуется необходимостью контроля и измерения низкочастотных магнитных полей (НМП), обладающих высокой проникающей способностью, которые могут быть использованы для несанкционированного съема информации. Область применения таких антенн, особенно точечных антенн (с диаметром рамки в несколько сантиметров), весьма обширна.

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 ближнем поле. Малогабаритная антенна позволяет проводить измерения достаточно близко от источника излучения, что значительно повышает возможности измерительного комплекса, т. к. в ближней зоне уровень сигнала убывает обратно пропорционально расстоянию в третьей степени. Таким образом, антенна с малой апертурой позволяет с высокой точностью локализовать слабые источники излучения различных устройств.

К примеру, для поиска низкочастотных радиозакладок (видеокамер, диктофонов и др.), для исследования эффективности экранирования технических средств обработки информации – системных блоков (и их отдельных компонентов) ПЭВМ, принтеров и других устройств периферийной техники, факсимильных аппаратов, телефонных линий, банковских автоматов, импульсных источников

бесперебойного питания и др., т. е. для поиска локальных источников излучения НМП необходимы рамочные антенны с минимальной площадью рамки. Использование существующих активных антенн с площадью рамки 50000 мм² для этих целей не эффективно. Например, с помощью таких антенн практически невозможно выявить источники излучения в системном блоке компьютера или локальную трещину в сварном шве экранированной камеры.

III Экспериментальная часть

Для локализации и измерения уровня НЧ излучения точечных источников желательно использовать антенны с площадью рамки хотя бы в 10 раз меньше существующих. Однако величина сигнала при таком уменьшении согласно известному закону Фарадея также уменьшится в 10 раз, что, в свою очередь, требует применения принципиально новых схемотехнических решений для обеспечения высокой чувствительности точечной активной магнитной антенны, которая, в свою очередь, определяет чувствительность измерительного комплекса в целом.

Следует также отметить, что разработка низкочастотных рамочных антенн – дело неблагодарное, поскольку величина э.д.с., наведенная в рамке, обратно пропорциональна частоте (6 дБ/октаву), т. е., к примеру, входной сигнал на частоте 5 Гц будет в 2000 раз (- 66 дБ) меньше сигнала на частоте 10 кГц. А поскольку для измерительных антенн одним из основных требований является обеспечение линейности АЧХ при достаточно высокой чувствительности, разработка таких антенн крайне затруднительна. 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 малогабаритных низкочастотных *измерительных* рамочных антенн.

Исходя из вышеизложенного, в Научно-исследовательском центре систем технической защиты информации НИЦ «Тезис» НТУУ «КПИ», г. Киев параллельно разрабатывались три проекта: создание высокочувствительного магнитометра, активных низкочастотных точечных антенн и устройств специального назначения для обнаружения закладных устройств [1 – 4]. Разработаны и изготовлены образцы активных антенн серии АИР-НЧ (выносные зонды) с диаметром рамки 60 мм и 10 мм, а также заканчиваются испытания антенны с диаметром рамки 6 мм². Для того, чтобы понять трудности, с которыми нам пришлось столкнуться, отметим, что наведенная э. д. с. (пропорциональная площади рамки) в указанных выше антеннах в сравнении, например, с антенной АИР 3-1 меньше на 25дБ, 56 дБ и 65 дБ, соответственно.

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 дает возможность использовать данные антенны совместно с анализаторами спектра без введения поправочных коэффициентов. В качестве примера, на рис. 1 и 2 представлены калибровочные графики разработанной нами антенны АИР-НЧ.005.1 с диаметром рамки 60 мм с режекторным фильтром на частоту 50 Гц. На рис. 1 видно, что неравномерность АЧХ в диапазоне частот 5 Гц...10 кГц не превышает $\pm 1,25\%$ (вне зоны режекции). Коэффициент калибровки антенны вне зоны режекции: $k = 28 \text{ дБ м}^{-1}$ при $R_{вх}=1 \text{ МОм}$ и $k = 51 \text{ дБ м}^{-1}$ при $R_{вх}=50 \text{ Ом}$ (см. рис. 2).

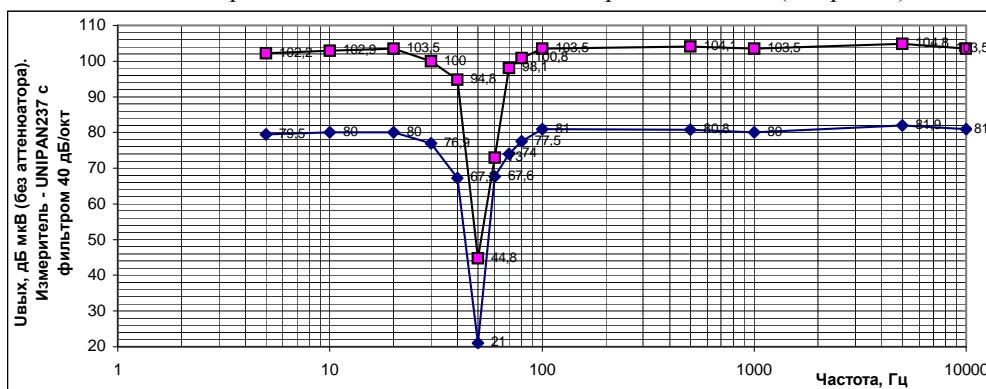


Рисунок 1 - АЧХ магнитной антенны АИР-НЧ.005.1 при внешнем магнитном поле $pH = 131,5 \text{ дБ мкВ/м}$. Верхняя кривая соответствует измерителю с входным сопротивлением 1МОм, нижняя – с входным сопротивлением 50 Ом

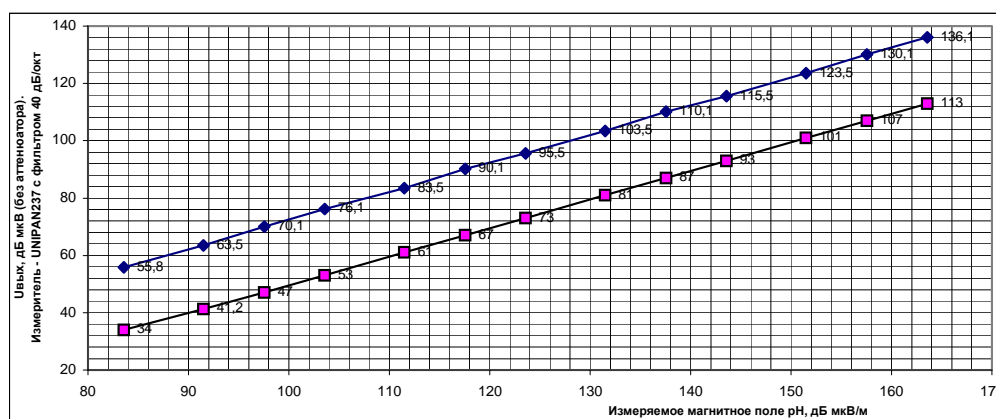


Рисунок 2 – Зависимость U_{вых} магнитной антенны АИР-НЧ.005.1 от величины магнитного поля рН, дБ мкВ/м на частоте 10 кГц. Верхняя кривая соответствует измерителю с входным сопротивлением 1МОм, нижняя – с входным сопротивлением 50 Ом

Точечные антенны АИР-НЧ.200.1 и АИР-НЧ.200.2 с диаметром рамки 10 мм представлены несколькими моделями, отличающимися, в основном, рабочим диапазоном частот. Основные технические характеристики разработанных точечных антенн и антенны АИР-3-1 с диаметром рамки 250 мм представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Технические характеристики рамочных антенн

Параметры	АИР-3-1	АИР-НЧ.200.1	АИР-НЧ.200.2
Рабочий диапазон частот, кГц	0,2...400	0,2...100	0,2...400
Диаметр (площадь) рамки	250 мм (49087 мм ²)	10 мм (78,5 мм ²)	10 мм (78,5 мм ²)
Коэффициент калибровки (чувствительность) антенны: - номинальное значение, дБ м-1	35	29,9 (1...100 кГц) 30,7 (0,7 кГц) 32 (0,5 кГц) 38,5 (0,2 кГц)	31,6 (500 кГц) 38 (0,7...400 кГц) 40,7 (0,5 кГц) 47,4 (0,2 кГц)
- отклонение от номинального значения, не более, дБ, (%)	± 2 дБ; (± 26 %) на частоте 10 кГц (!)	± 0,3 дБ; (± 4 %) на частоте 1...100 кГц	± 1 дБ; (± 12%) на частоте 0,7...400кГц
Неравномерность АЧХ, дБ, (%)	3 дБ (41%) на частоте 2...400 кГц (на частоте 0,2...2 кГц – не нормируется)	± 0,3 дБ (± 4%) на частоте 1...100 кГц (на частоте 0,2...1 кГц в соответствии с таблицей)	± 1 дБ (± 12%) на частоте 0,7...400 кГц (на частоте 0,2...0,5 кГц в соотв. с таблицей)
Диапазон измерения индукции В, нТл (дБ)	Нет данных	0,005 – 150 (89,5 дБ) (на частоте 10...100кГц)	0,01...125 (82 дБ) (на частоте 100кГц)
Наибольшая измеряемая напряженность поля рН, дБ мкВ/м	145	153 1530 (с внутренним аттенюатором)	151,5
Стоимость, у. е.	1170	1400	1500

На рисунках 3 и 4 представлены калибровочные графики точечной антенны АИР-НЧ.200.1.

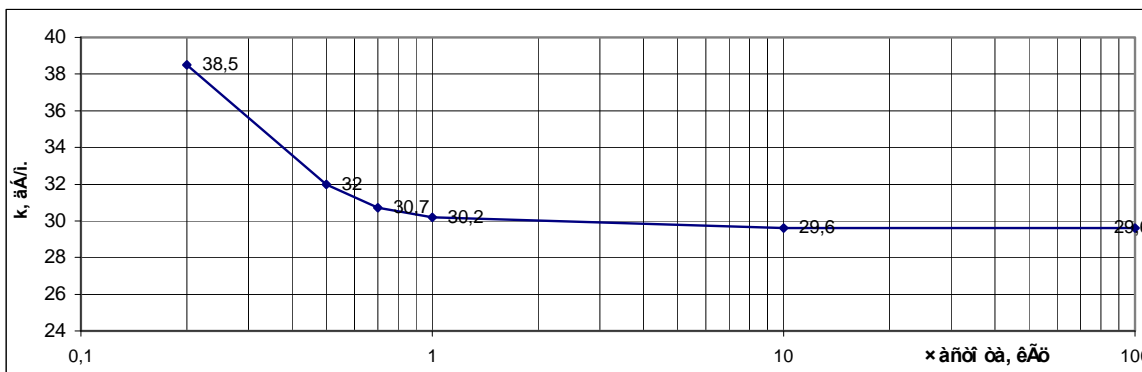


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента калибровки k магнитной антенны АИР-НЧ.200.1 от частоты при внешнем магнитном поле 123,6 дБ мкВ/м. Измеритель – Уніран 237 с фильтром 40 дБ/октаву. Выход антенны нагружен на эквивалент нагрузки 50 Ом

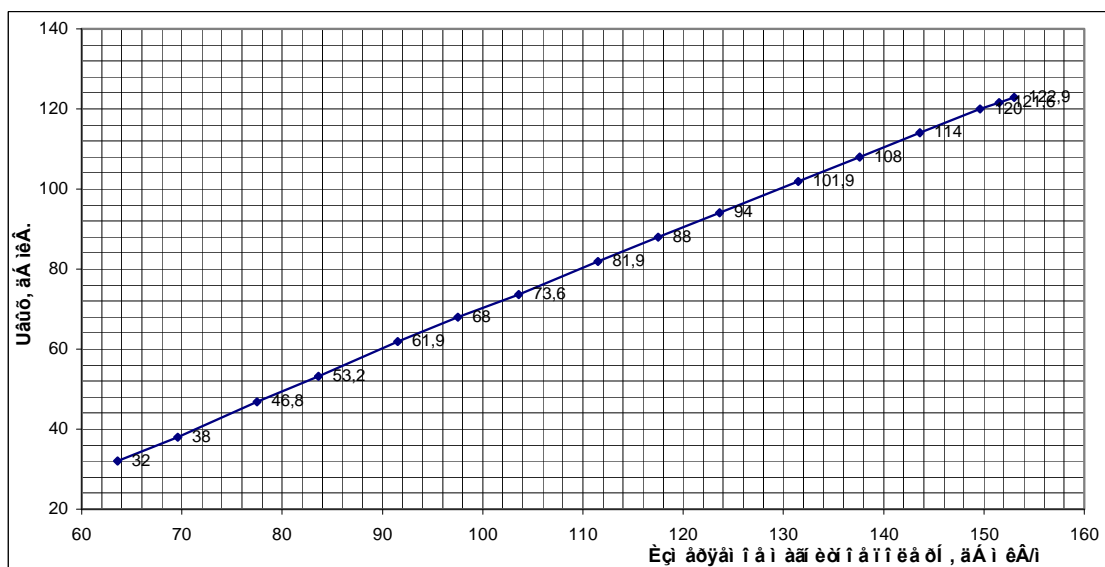


Рисунок 4 – Зависимость U_{вых} магнитной антенны АИР-НЧ.200.1 от величины магнитного поля рН, дБ мкВ/м на частоте 100 кГц. Измеритель – Уніран 237 с фильтром 40 дБ/октаву. Выход антенны нагружен на эквивалент нагрузки 50 Ом

Высокая равномерность амплитудно-частотной характеристики, линейность зависимости U_{вых} от величины магнитного поля в достаточно широком динамическом диапазоне позволяют применять антенны серии АИР-НЧ в качестве инструментального средства. К этому следует добавить, что рамочный элемент, представляющий собой выносной точечный зонд, позволяет выполнять поиск и измерение уровня излучения локальных источников в трудно доступных местах, например, в системном блоке ПК.

В целом, комплексное использование точечной активной рамочной антенны в комплекте с селективным микровольтметром, анализатором спектра или измерительным приемником позволяет радикально решать задачи эффективного экранирования средств защиты объекта от утечки информации по техническим каналам, среди которых: защита информации в выделенных помещениях, задачи электромагнитной совместимости оборудования и приборов при их совместном использовании, задачи защиты персонала от повышенного уровня электромагнитных полей, обеспечение благоприятной экологической обстановки вокруг работающих приборов.

Применение многоканального измерителя, оснащенного комплектом компактных активных антенн типа АИР-НЧ позволяет составить карту магнитного поля (индивидуальных особенностей) исследуемого объекта. В этом случае охраняемый объект оснащается системой стационарных пространственно разнесенных магнитных антенн, с помощью которых фиксируется совокупность низкочастотных магнитных полей в заданной области пространства (нулевое состояние). При появлении в контролируемой

зоне какого-либо несанкционированного электронного устройства, в спектре излучения которого имеются низкочастотные магнитные составляющие, измеритель (магнитометр) фиксирует изменение общей картины поля (возбужденное состояние).

IV Выводы

Эффективность обнаружения и идентификации неизвестных радиоизлучений с использованием предлагаемых точечных антенн значительно повышается, поскольку появляется возможность определить зоны, из которых исходят эти излучения. Такая система контроля состояния магнитного фона в охраняемом помещении может быть весьма перспективна при выявлении электромагнитных каналов утечки информации (например, компактные видеокамеры, диктофоны и др.). В настоящее время работы в этом направлении продолжаются.

Литература: 1. В. Галанский, А. Лаврентьев, М. Прокофьев. Мониторинг низкочастотного магнитного поля. Сборник "Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні", №2, 2001, стр. 91. 2. В. Галанский, И. Курдин, А. Лаврентьев, М. Прокофьев. Обнаружение скрытых видеокамер. Сборник "Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні", №3, 2001, стр. 185. 3. В. Галанский, А. Лаврентьев, М. Прокофьев. Измеритель низкочастотных магнитных полей. Сборник "Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні", № 4, 2002, стр. 161. 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, стр. 543.