3 Забезпечення захисту інформації в системах зв'язку. Технічні засоби системи захисту інформації

УДК 681.06

ТОЧЕЧНЫЕ АКТИВНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ РАМОЧНЫЕ АНТЕННЫ В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ 5 ГЦ … 30 МГЦ

Владислав Галанский, Александр Лаврентьев, Михаил Прокофьев
НИЦ "ТЕЗИС" НТУУ "КПИ"

Аннотация: **Представлены результаты разработки точечных активных антенн для измерения магнитных полей. Определены области применения.**
Summary: **The results of development of dot loop-aerias 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

Рамочные активные антенны в сочетании с селективным микровольтметром, сканирующим измерительным приемником, анализатором спектра или другим измерительным прибором аналогичного назначения предназначены для измерения напряженности синусоидальных, шумовых и импульсных низкочастотных магнитных полей (НМП) радиопомех в лабораторных помещениях, экранированных камерах и на открытых площадках.

При измерении НМП качество измерений существенным образом зависит от геометрических и электрических параметров активной антенны. Основные требования к таким антеннам сводятся к обеспечению следующих параметров:

- высокой чувствительности,
- линейности амплитудно-частотной характеристики в заданном диапазоне частот,
- минимальных размерах (апертуре) рамки.

Ниже представлены результаты разработки точечных (с размерами рамки в единицы сантиметров) активных магнитных антенн, работающих в диапазоне частот 5 Гц … 30 МГц и предназначенных для использования в составе измерительных комплексов контроля эффективности защиты информации.

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. Это свойство НМП может быть успешно использовано, например, для дистанционного съема информации с системного блока или периферии ПК.

При выполнении измерений должно быть обеспечено условие: $d \geq D$, где: d – расстояние от источника излучения до антенны, а D – размер антенны. Антенна с малой апертурой позволяет более точно определить расстояние от нее до источника излучения, что существенно при измерениях в ближней зоне. Малогабаритная антенна позволяет проводить измерения достаточно близко от источника излучения, что значительно расширяет возможности измерительного комплекса, т. к. в ближней зоне уровень сигнала убывает обратно пропорционально расстоянию в третьей степени. Таким образом, при проведении исследований, зондирующая антенна с малой апертурой позволяет с высокой точностью локализовать слабые источники излучения различных устройств.

К примеру, для поиска низкочастотных закладных устройств (видеокамера, диктофон и др.), исследования эффективности экранирования технических средств обработки информации (системных блоков ПК и их отдельных компонентов, мониторов, 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 мм^2 (антены АИР-3-1) для этих целей не эффективно. С помощью таких антенн практически невозможно выявить точечные источники излучения в блоке компьютера или локальную

трещину в сварном шве экранированной камеры.

III Экспериментальная часть

Необходимо учитывать, что чувствительность антенны определяет чувствительность измерительного комплекса в целом. Для локализации и измерения уровня низкочастотного (НЧ) излучения точечных источников желательно использовать 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. Это, в свою очередь, потребует применения принципиально новых схемотехнических решений для обеспечения высокой чувствительности точечной активной магнитной антенны.

При разработке низкочастотных рамочных активных антенн необходимо решить довольно сложную задачу усиления и обработки очень слабых сигналов при значительных паразитных (индустриальных) помехах в спектре исследуемых магнитных полей и значительных шумах входных каскадов усилителя антенны. 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, исходные условия для разработчика точечных (малогабаритных) антенн – создание электронных систем усиления и обработки входных сигналов с динамическим диапазоном входных напряжений не хуже 60…100 дБ – крайне сложны. К примеру, для выравнивания и последующего усиления сигнала в диапазоне частот 5 Гц…10 кГц усилитель активной антенны должен 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 (малогабаритных) низкочастотных *измерительных* рамочных антенн.

Исходя из вышеизложенного, в Научно-исследовательском центре систем технической защиты информации «ТЕЗИС» НТУУ “КПИ”, разработаны и изготовлены образцы активных антенн для перекрытия диапазона частот 5 Гц … 30 МГц серии АИМ с выносными зондами и с диаметром рамки 60 мм, 10 мм и 8 мм. Кроме увеличения чувствительности с частичной или полной компенсацией потерь от уменьшения площади рамки антенн, нами была решена задача обеспечения максимальной равномерности АЧХ в рабочем диапазоне частот, что позволяет использовать данные антенны совместно с анализаторами спектра без введения поправочных коэффициентов. Антенны серии АИМ были успешно использованы при создании высокочувствительного магнитометра и устройств для обнаружения закладных устройств [1 – 4].

Для перекрытия частотного диапазона 5 Гц … 30 МГц (23 октавы) разработаны три модификации антенн:

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

Разработанные точечные антенны серии АИМ прошли метрологическую аттестацию в Укрметртестстандарте.

Основные технические характеристики точечных антенн АИМ (АИМ-НЧ 200.Х и АИМ-ВЧ 0,1-30Х), перекрывающих наиболее информативный с точки зрения утечки информации диапазон частот магнитной составляющей электромагнитного поля 200 Гц … 30 МГЦ, и антенны АИР-3-1 (производство - Россия) с диаметром рамки 250 мм представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Технические характеристики рамочных антенн

Параметры	АИР-3-1	АИМ-НЧ.200.2	АИМ-ВЧ.0,1-30.1
Рабочий диапазон частот	0,2…400 кГц	0,2…400 кГц	0,1…30 МГц
Диаметр (площадь) рамки	250 мм (49087 мм^2)	10 мм (78,5 мм^2)	8 мм (50 мм^2)
Коэффициент калибровки антенны: - номинальное значение, дБ м$^{-1}$ - отклонение от номинального значения, не более, дБ	35 $\pm$2; на частоте 10 кГц (на остальных частотах не нормируется)	39,5 $\pm$ 1,3; в диапазоне 0,7…400 кГц	35,3 $\pm$ 2,5 в диапазоне 0,1…30 МГц

Продолжение Таблицы 1

Динамический диапазон, дБ	Нет данных	82 дБ (на частоте 100 кГц)	88 дБ в диапазоне 0,1…30 МГц
Нелинейность на измеряемой частоте в пределах динамического диапазона, дБ, не более	Нет данных	± 1 на частоте 0,7…400 кГц	± 1 в диапазоне 0,1…30 МГц
Наибольшая измеряемая напряженность поля pH, дБ мкВ/м	145	151,5	145
Стоимость, у. е.	1170	1500	1500

На рис. 1 – 3 представлены калибровочные графики антенны АИМ-НЧ.005.1 с диаметром рамки 60 мм и с режекторным фильтром 50 Гц. Из рис. 1 видно, что неравномерность АЧХ в диапазоне частот 5 Гц…10 кГц не превышает ± 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 (см. рис. 2).

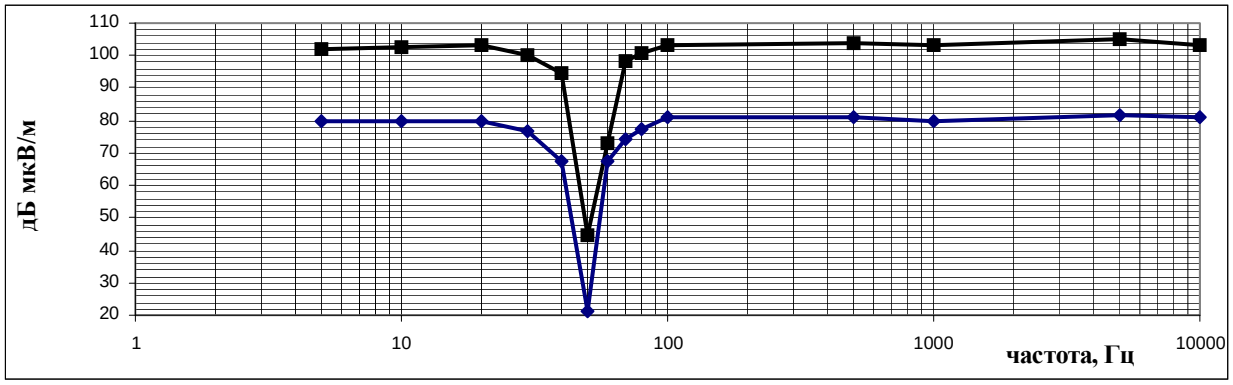

Рисунок 1 – АЧХ магнитной антенны АИМ-НЧ.005.1 при внешнем магнитном поле pH = 131,5,дБ мкВ/м. Верхняя кривая соответствует измерителю с входным сопротивлением 1Мом (UNIPAN237 с фильтром 40 дБ/окт), нижняя – измерителю с входным сопротивлением 50 Ом

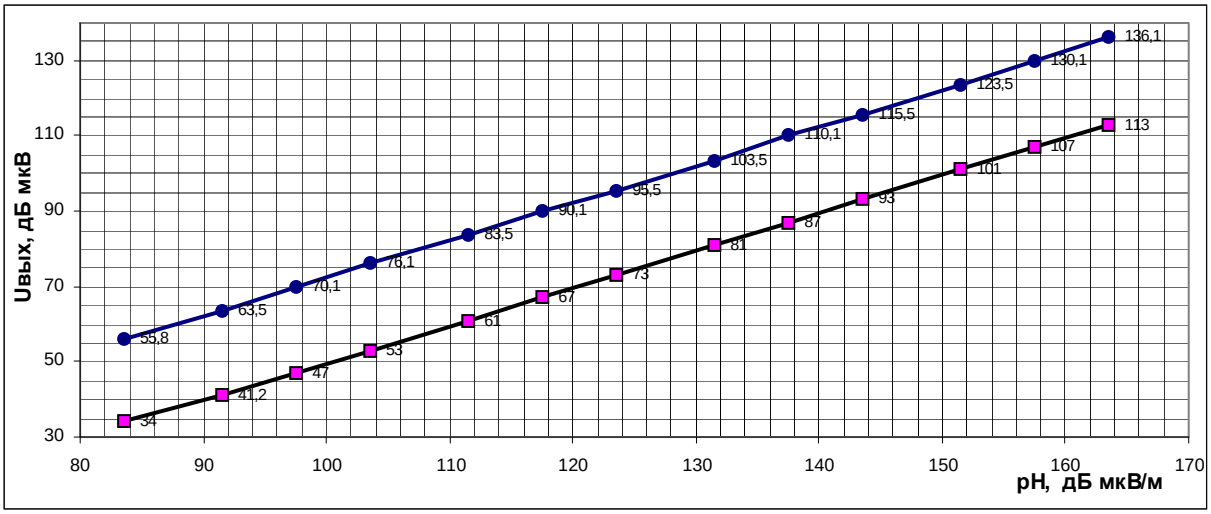

Рисунок 2 – Зависимость Uвых магнитной антенны АИМ-НЧ.005.1 от величины магнитного поля pH, дБ мкВ/м на частоте 10 кГц. Верхняя кривая соответствует измерителю с входным сопротивлением 1МОм, нижняя – с входным сопротивлением 50 Ом

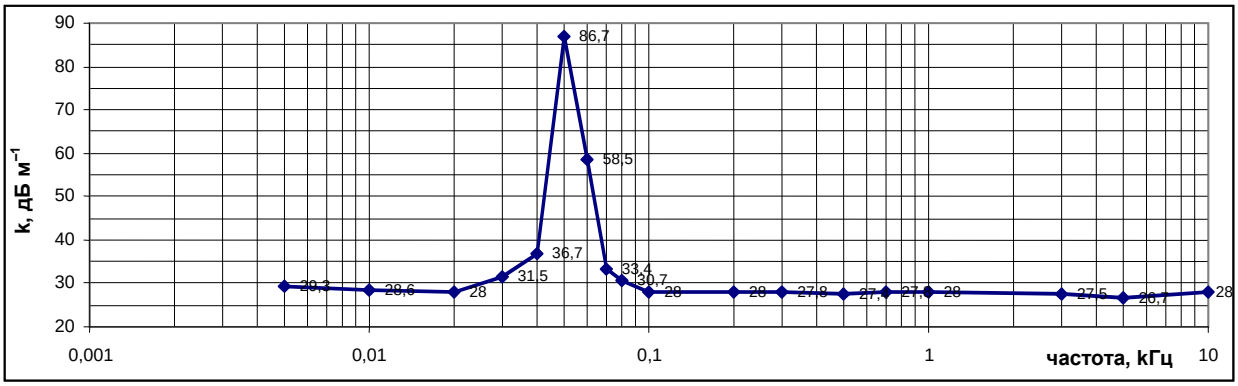

Рисунок 3 – Зависимость коэффициента калибровки k точечной магнитной антенны АИМ-НЧ.005.1 при внешнем магнитном поле pH = 131,5 дБ мкВ/м. Входное сопротивление измерителя 1 МОм

На рис. 4, 5 представлены калибровочные графики точечной антенны АИМ-НЧ.200.2 №0504 с диаметром рамки 10 мм.

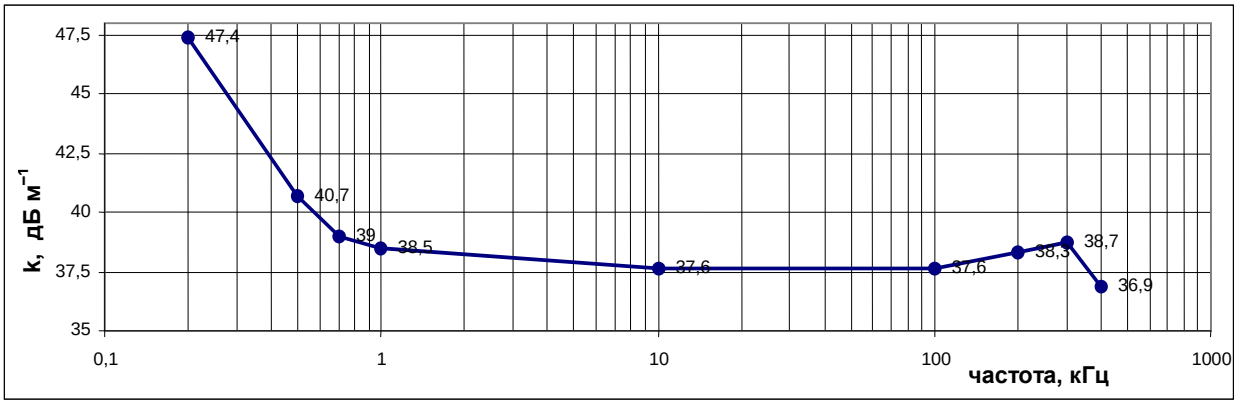

Рисунок 4 – Зависимость коэффициента калибровки k точечной магнитной антенны АИМ-НЧ.200.2 при внешнем магнитном поле pH = 131,5 дБ мкВ/м. Входное сопротивление измерителя 50 Ом.

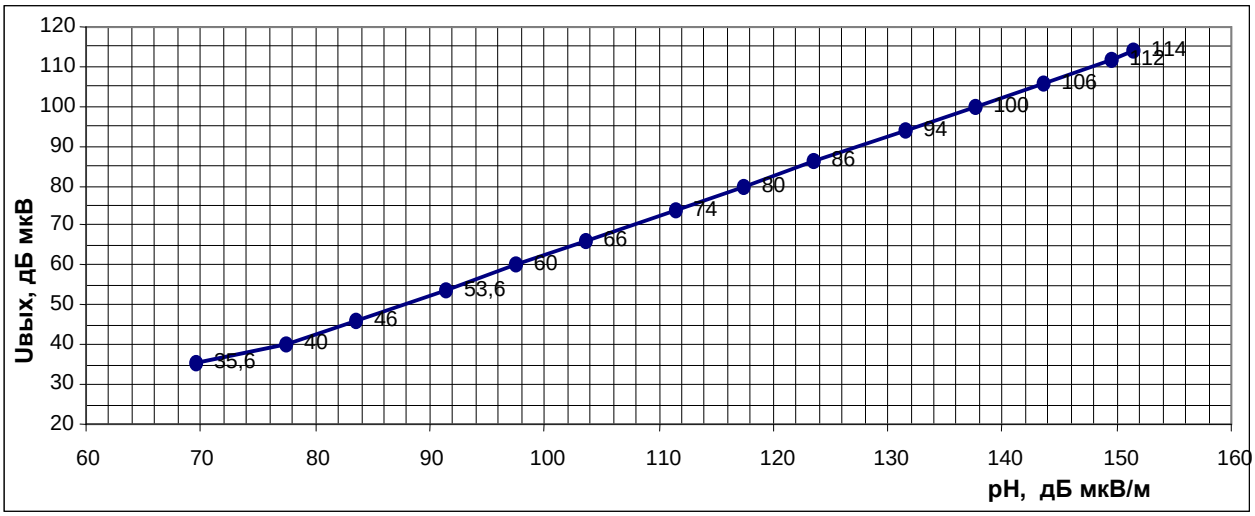

Рисунок 5 – Зависимость Uвых магнитной антенны АИМ-НЧ.200.2 от величины магнитного поля pH, дБ мкВ/м на частоте 100 кГц

На рис. 6 – 8 представлены калибровочные графики точечной антенны АИМ-ВЧ.0,1-30.1 с диаметром рамки 8 мм.

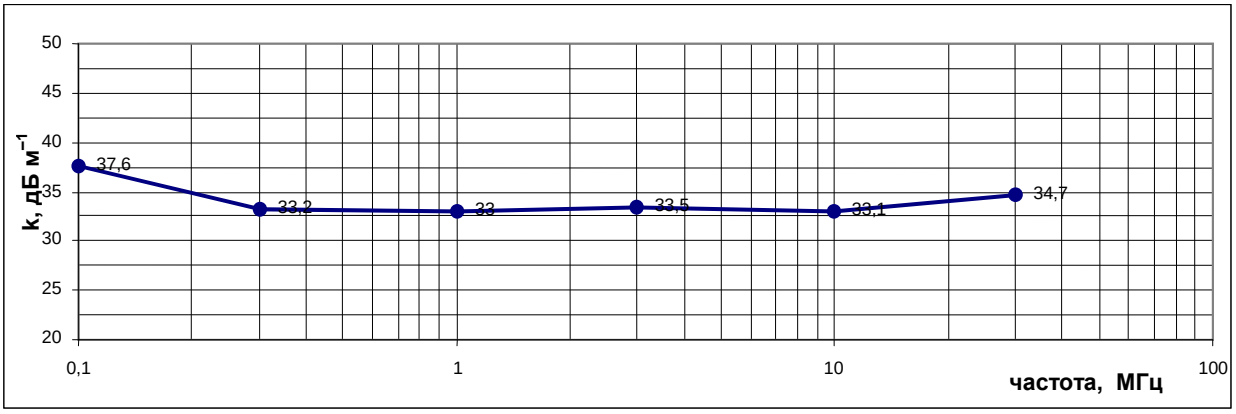

Рисунок 6 – Зависимость коэффициента калибровки k антенны АИР ВЧ 0,1-30.1 №0509 от частоты в диапазоне частот 0,1…30 МГц при внешнем магнитном поле pH = 123,6 дБ мкВ/м (H = 4 мА/м)

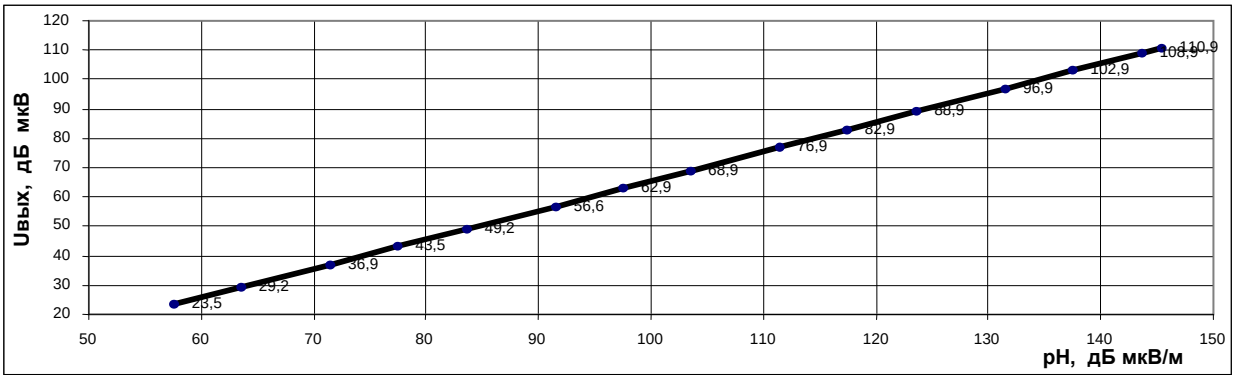

Рисунок 7 – Зависимость выходного напряжения $U_{вых}$ антенны АИР ВЧ 0,1-30.1 №0509 от величины магнитного поля pH на частоте 30 МГц.

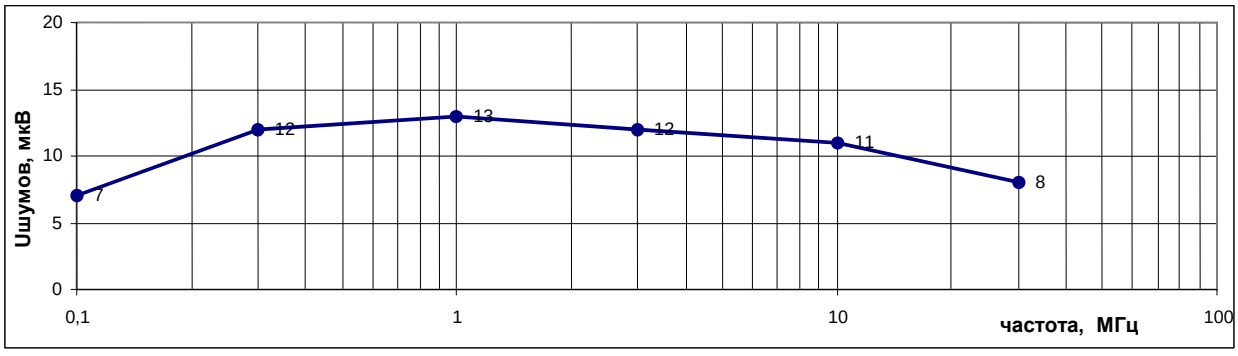

Рисунок 8 – Зависимость уровня шума и помехи в неэкранированном помещении $U_{шумов}$, мкВ на выходе антенны от частоты в диапазоне частот 0,1…30 МГц. Ширина полосы пропускания селективного микровольтметра 1 кГц на уровне – 3 дБ.

Как видно из рис. 9, для удобства измерений все разработанные точечные антенны перекрывают граничные значения частотного диапазона для каждой модели.

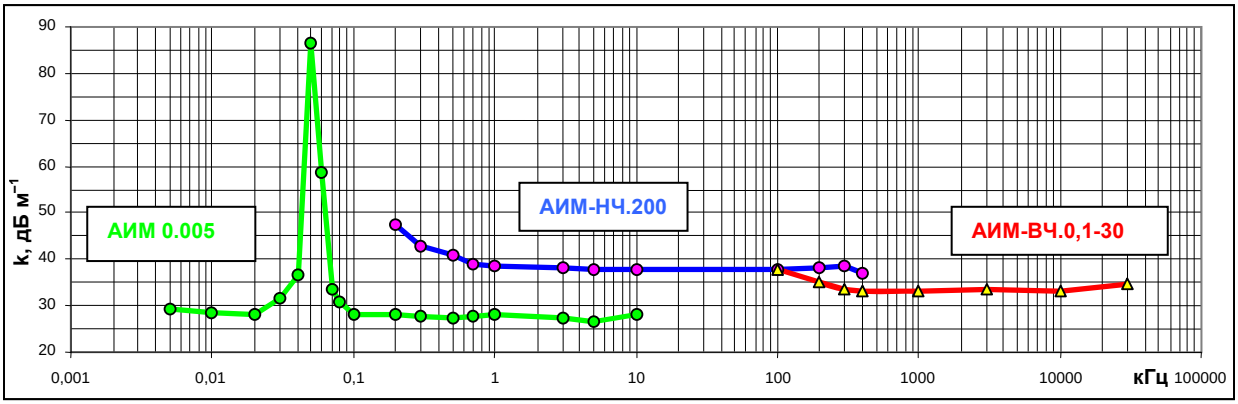

Рисунок 9 – Зависимость коэффициента калибровки точечных антенн АИМ 0,005 (с включенным режекторным фильтром 50 Гц); АИМ НЧ 200 и АИМ ВЧ 0,1-30 в частотном диапазоне 5 Гц … 30 МГц.

IV Выводы

Представленные результаты показывают, что высокая равномерность амплитудно-частотной характеристики, линейность зависимости Uвых от величины магнитного поля в достаточно широком динамическом и частотном диапазоне позволяют использовать антенны серии АИМ в качестве инструментального средства. Они позволяют вполне обоснованно определить основные области применения разработанных точечных антенн.

- Антенны АИМ, выполняя все функции рамочных антенн большого диаметра, позволяют, благодаря наличию компактного выносного зонда, обнаружить и локализовать излучения точечных источников магнитного поля практически в любом замкнутом пространстве, например, электромагнитные излучения отдельных компонентов системных блоков компьютеров и периферии.
- Антенны АИМ в комплекте с селективным микровольтметром, анализатором спектра, измерительным приемником представляют собой мощный инструмент для обнаружения и измерения напряженности магнитных полей локальных источников НМП и обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств.
- Точечные антенны позволяют эффективно решать задачи проведения измерений при аттестации и контроле эффективности экранирования помещений (экранированных камер) а также локализовать локальные источники излучений НМП, возникающие, например, в местах дефектов сварных швов в конструкциях.
- Компактные точечные антенны АИМ, в отличие от имеющихся на рынке антенн с диаметром рамки 250 мм, могут быть скрытно расположены в определенных точках защищаемого объекта и, при работе совместно с анализаторами спектра, сканирующими приемниками или другими специальными измерителями оперативно сигнализировать об изменении электромагнитной обстановки (низкочастотных магнитных полей) в той или иной точке как внутри, так и по периметру защищаемого объекта.

Кроме указанных выше областей применения точечные рамочные антенны серии АИМ совместно с анализаторами спектра, возможно применение в составе компактных измерительных и поисковых комплексов, которые могут быть использованы, например, как в сфере экологии (анализ электромагнитной обстановки в заданной точке пространства, в том числе, поиск геопатогенных зон и идентификация неизвестных радиоизлучений), в сфере медицины (анализ **α-** и **β-** биоритмов головного мозга человека на частотах, соответственно, 7,82 Гц и 14,1 – 24,6 Гц), так и при создании портативных детекторов поля в широком диапазоне частот – от 5 Гц до 30 МГц. Примером такого использования точечных антенн можно считать разработанный нами портативный магнитометр [1, 3, 4] и прибор для выявлении скрытых видеокамер [2].

*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.

УДК 638.235.231

ГЕНЕРАТОР СИГНАЛІВ ВИСОКОЧАСТОТНИЙ UA Г4-301

Анатолій Марьєнко*, Михайло Прокофьєв, Анатолій Сітнік, Борис Петруня, Андрій Величко

** ВАТ «МЕРИДІАН» ім. С. П. Корольова, НТУУ "КПІ", НДЦ "ТЕЗІС"*

Анотація: **Наведено технічні характеристики та принципи побудови генератора сигналів високочастотного UA Г4-301.**

Summary: **Characteristics and principles of design of the generator of signals high-frequency UA Г4-301 are resulted.**

Ключові слова: **Генератор сигналів високочастотний, синтезатор.**

Потреби України у вимірювальних генераторах сигналів задовольняються за рахунок закордонних приладів та застарілих генераторів, що випускалися за часів Радянського Союзу. Поступово застарілі генератори сигналів вичерпують свій робочий ресурс, але замінити їх приладами вітчизняного виробництва до нинішнього часу не можливо, оскільки якісні вимірювальні генератори не випускаються, а закордонні прилади мають значну вартість. Оскільки в Україні існує попит на вимірювальні генератори у ВАТ «МЕРИДІАН» ім. С. П. Корольова за участю НДЦ "ТЕЗІС" НТУУ "КПІ" було розроблено для серійного виробництва генератор сигналів високочастотний UA Г4-301.

І Загальні відомості про генератор сигналів високочастотний UA Г4-301

Генератор сигналів високочастотний UA Г4-301 призначений для метрологічного забезпечення розробок, виробництва і перевірки радіотехнічної апаратури в умовах лабораторій, ремонтних організацій і органів повірки, а також у складі автоматизованих робочих місць. Прилад є джерелом синусоїдального сигналу в діапазоні частот від 5 Гц до 1200 МГц, а також сигналу з амплітудною (АМ), частотною (ЧМ) та імпульсною (ІМ) модуляцією. Галузь застосування – радіозв'язок, мобільна, телевізійна, радіовимірювальна техніка високих і надвисоких частот.

Прилад відповідає вимогам ГОСТ 22261-94 «Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия» и ГОСТ 9788-89 «Генераторы сигналов измерительные. Общие технические требования и методы испытаний».

Генератор сигналів високочастотний UA Г4-301 має технічні характеристики і режими робіт, представлені в табл.

Таблиця

Частотні параметри в режимі немодульованих коливань	
Діапазон частот вихідного сигналу	від 5 Гц до 1200 МГц
Похибка встановлення частоти не більше	$\pm 1{,}5 \times 10^{-7}$
Нестабільність частоти при незмінних зовнішніх умовах за 15-хвилинний інтервал часу після встановлення робочого режиму не більше	$\pm 2 \times 10^{-8}$
Спектральні характеристики	
Рівень гармонік і субгармонік відносно рівня основної частоти не більше, дБ	-25
Рівень негармонійних складових при відстроюванні на 20 кГц від несучої не більше, дБ	-60
Відносна спектральна щільність потужності фазових шумів вихідного сигналу при відстроюванні від несучої на 20 кГц в діапазоні частот: від 1000 до 1200 МГц не більше, дБ/Гц від 500 до 1000 МГц не більше, дБ/Гц від 250 до 500 МГц не більше, дБ/Гц від 125 до 250 МГц не більше, дБ/Гц від 80 до 125 МГц не більше, дБ/Гц	 -100 -106 -112 -118 -124