

ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОПОЗИЦИОННОГО МЕТОДА ПРИЕМА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛОВ ПОБОЧНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕНДА ОТЛОЖЕННОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

А. А. Евстифеев, В. И. Ерошев, М. В. Данилкин, А. А. Казаков, Д. Б. Николаев, Д. В. Сплюхин

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В современном обществе широко используются технические системы (ТС) для обработки, хранения и передачи конфиденциальной информации (ПЭВМ, локальные вычислительные сети, промышленные вычислительные сети, автоматические системы управления и т. д.). В связи с этим существует угроза ее утечки по техническим каналам, и исследование вопросов обеспечения информационной безопасности при использовании ТС становятся все более актуальными. Одним из возможных каналов утечки информации является канал побочного электромагнитного излучения (ПЭМИ).

ПЭМИ – это паразитные электромагнитные излучения радиодиапазона, создаваемые в окружающем пространстве устройствами, специальным образом для этого не предназначенными. Если потенциальный противник имеет технические средства разведки (ТСР) ПЭМИ, то, приняв с заданным качеством информативные сигналы ПЭМИ, он может получить доступ к конфиденциальной информации. Получив доступ, он может, например, раскрыть факт создания новых видов вооружения и их характеристик, сведений о военно-промышленных объектах, о научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах, финансовом положении, торговле, о внешнеполитической и экономической деятельности государства и т.д. Таким образом, вопросы обеспечения информационной безопасности от утечки по ПЭМИ являются актуальными в настоящее время.

Функционирование любой ТС связано с протеканием по его токоведущим элементам электрических токов информативных сигналов различных частот, которые порождают магнитные и электрические поля, образуя канал ПЭМИ.

Рассмотрим ТС, состоящую из формирующего устройства (ФУ), исполнительного устройства (ИУ) и линии связи. Предположим, что обнаружение ПЭМИ проводится с помощью M пространственно разнесенных радиоприемных устройств (РПУ) (рис. 1). Реализации ПЭМИ в смеси с шумом, получаемые на выходах каждого из M РПУ, суммируются, затем производится обработка в соответствии с процедурой поэлементного обнаружения.

При суммировании происходит сложение амплитуд отдельных импульсов, а накопление шума определяется коэффициентом взаимной корреляции

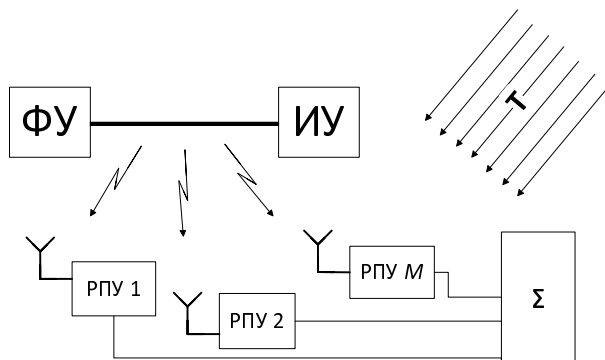


Рис. 1. Схема расположения ТС и ТСР при многопозиционном обнаружении ПЭМИ

шума в трактах различных РПУ. Известно [1], что в частотном диапазоне $f = (0,01 - 100)$ МГц уровень помех естественного происхождения существенно превышает уровень собственного шума РПУ (рис. 2). Поэтому шумы на входах различных РПУ, имея одинаковый источник происхождения (внешний шум), оказываются в значительной степени коррелированными.

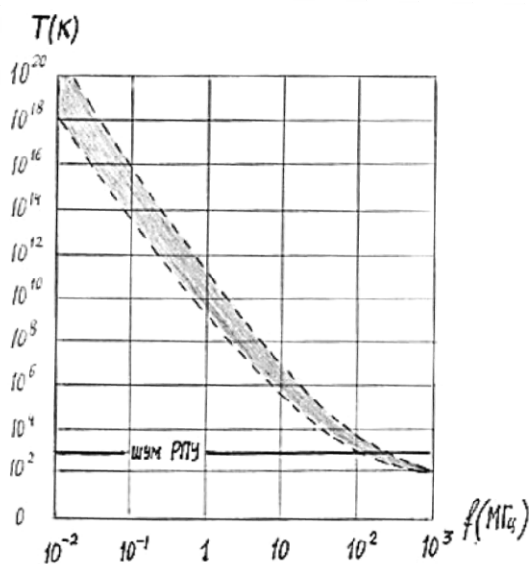


Рис. 2. Яркостная эффективная температура внешнего шума естественного происхождения и шум РПУ

С учетом взаимной корреляции шума на входах РПУ энергию отдельного импульса E_{Σ} и спектральную плотность мощности шума N_{Σ} в суммарной реализации можно представить выражением [2]

$$E_{\Sigma} = M^2 E_0 \quad (1)$$

$$N_{\Sigma} = M [1 + \rho(M-1)] N_0,$$

где E_0 – энергия одного импульса; N_0 – спектральная плотность мощности шума в каждой из M реализаций; ρ – коэффициент взаимной корреляции шума на выходе различных РПУ.

Поэтому параметр обнаружения для результирующей реализации определяется выражением

$$h_{\Sigma} = \sqrt{\frac{2E_{\Sigma}}{N_{\Sigma}}} = \gamma h_0, \quad (2)$$

где $\gamma = \left[\frac{M}{1 + \rho(M-1)} \right]^{1/2}$ – выигрыш, достигаемый за счет сложения; h_0 – параметр обнаружения одной реализации.

Зависимость (2) представлена на рис. 3, из которого следует, что наличие даже небольшой корреляции ($\rho = 0,2$) существенно снижает эффективность накопления.

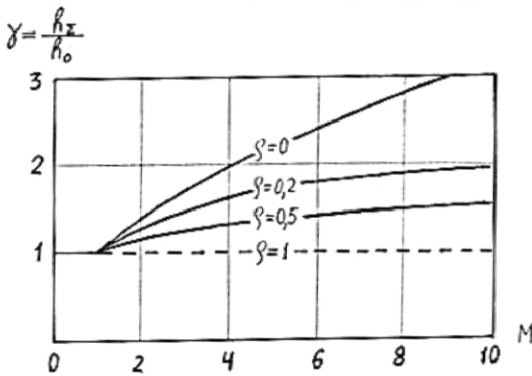


Рис. 3. Зависимость относительного увеличения отношения сигнал/шум при накоплении от числа РПУ и коэффициента взаимной корреляции шума различных РПУ

Известно [3], что пространственная зависимость коэффициента взаимной корреляции внешнего шума в разнесенных антеннах РПУ аппроксимируется выражением

$$\rho(r) = \exp\left(-\frac{r}{L}\right), \quad (3)$$

где $L \approx \frac{\lambda}{L}$ – радиус пространственной корреляции; λ – длина волны; Ω – угловой размер излучающей области.

Согласно эксплуатационным данным радиолокационных в коротковолновом диапазоне рассматриваемый метод эффективен, если пространственный разнос между различными РПУ удовлетворяет условию $r > 5\lambda$, что существенно ограничивает возможности практического использования этого метода в диапазоне $f < 30$ МГц.

На рис. 4 показана безусловная вероятность обнаружения ПЭМИ, сопровождающего передачу одного байта в зависимости от числа РПУ, при величине коэффициента взаимной корреляции внешнего шума на входах различных РПУ, равной $\rho(r) = 0,1$.

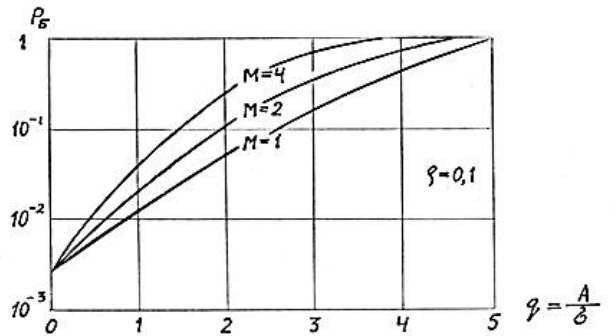


Рис. 4. Вероятность обнаружения ПЭМИ, возникающего при передаче байтовой посылки (полосовой приемник, критерий идеального наблюдателя)

В ходе работы была разработана математическая модель, описывающая процесс многопозиционного приёма ПЭМИ. Данная модель реализована в виде ПО. Блок-схема разработанной модели представлена на рис. 5. Каждый из блоков включает в себя генератор импульсов, генератор шума, сумматор и полосовой фильтр. Генератор создаёт тестовые последовательности, состоящие из пачек трапецидальных импульсов одинаковой длительности. В качестве помехи используется помеха типа «белый шум», которую реализует генератор помех. После смешивания в сумматоре последовательности импульсов и помехи входная смесь попадает на вход полосового фильтра с полосой пропускания 120 кГц. Далее отфильтрованная смесь с каждого из блоков складывается в сумматоре, и результат операции отображается отдельным графиком.

Структура ПО позволяет использовать практически любое количество составных блоков, исходя из поставленных задач и производительности ПК.

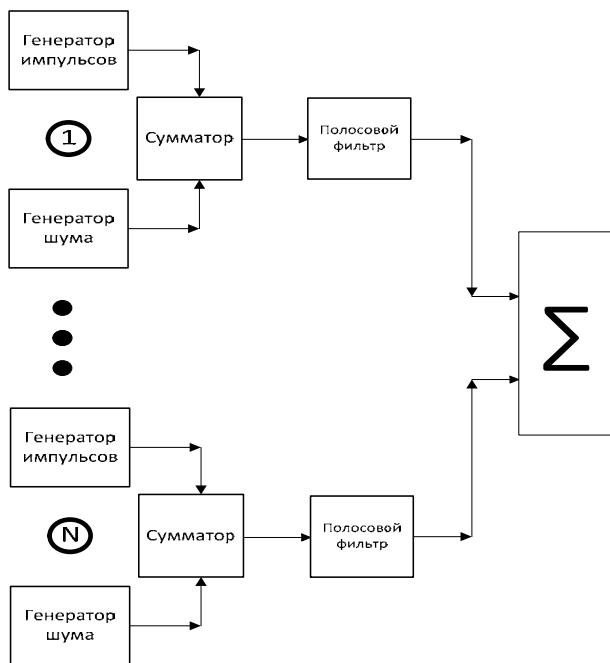


Рис. 5. Блок-схема модели, описывающей процесс многопозиционного приёма

Для анализа эффективности применения данного метода был создан лабораторный стенд, позволяющий проводить двухпозиционный приём сигналов ПЭМИ. Структурная схема стенда приведена на рис. 6.

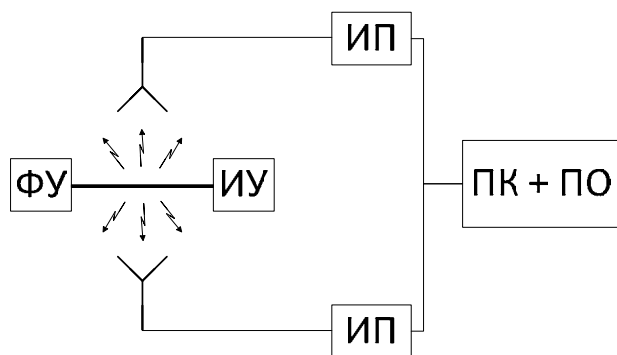


Рис. 6. Структурная схема лабораторного стенда

В состав лабораторного стенда входит:

- система, состоящая из ФУ, ИУ и линии связи, соединяющей ФУ и ИУ, предназначенная для создания сигналов ПЭМИ;

- набор приемных антенн, предназначенный для измерения электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля ПЭМИ;
- комплект цифровых измерительных приемников, предназначенный для определения частот и амплитуд спектральных компонент, входящих в состав анализируемого процесса;
- персональный компьютер, предназначенный для обработки результатов измерений;
- ПО, предназначенное для управления работой составных частей изделия, выполнения расчетов и формирования итоговых протоколов измерений.

Для реализации отложенного анализа сигналов с помощью предложенного измерительного комплекса необходимо включить измерительное оборудование и подготовить измерительные антенны к работе. Далее исследуемое техническое средство следует запустить в тестовом режиме работы. Следующим шагом является запись реализации смеси сигнала с шумом с выхода антенны при помощи измерительных приемников с заданными параметрами по разрешению (длительность, частота дискретизации, число выборок). Сохранив результаты записи сигналов ПЭМИ в текстовый файл для отложенной обработки необходимо провести анализ сигнала ПЭМИ, используя разработанное ПО.

В данной работе рассмотрена возможность использования многопозиционного метода обнаружения сигналов ПЭМИ и проведена теоретическая оценка эффективности данного метода. Разработано программное обеспечение, моделирующее процесс многопозиционного обнаружения сигналов ПЭМИ, предложена схема измерительного стенда для практической реализации данного метода.

Литература

1. CCJR Report Green Book, 1978. Vol. 1.
2. Горяинов В. Т., Журавлев А. Г., Тихонов В. И. Примеры и задачи по статистической радиотехнике. М.: Сов. радио, 1970. С. 600.
3. Калинин А. М., Черенкова Е. Л. Распространение радиоволн и работа радиопередающих линий. М.: Связь, 1971. С. 440.