

# ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОБНАРУЖЕНИЯ ПОБОЧНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КОМПЬЮТЕРОВ

Баев А.Б., Кузнецов Ю.В., Ноздрин В.В., Шевгунов Т.Я.

Московский Государственный авиационный институт (Технический университет)  
125993, Москва, Волоколамское шоссе, 4  
Тел.: (095) 158-40-47  
E-mail: mai\_k405@mtu-net.ru

**Реферат.** В работе рассматриваются вопросы анализа побочного электромагнитного излучения компьютеров с целью их обнаружения. Показано, что корреляционный метод обработки является оптимальным в случае наличия гауссовского шума. По результатам экспериментальных исследований установлено, что при вероятности пропуска не более  $10^{-5}$  метод работает вплоть до отношения сигнал/шум  $q = -12$  дБ.

## 1. Введение

Работа персонального компьютера сопровождается излучением электромагнитных волн в широком диапазоне частот от единиц килогерц до единиц гигагерц. Эти электромагнитные излучения принято называть побочными. При этом каждое из устройств излучает свой, свойственный только ему, спектр частот электромагнитных колебаний, который может меняться в зависимости от конкретных данных, обрабатываемых устройством, т.е. от сигналов, подаваемых на это устройство или формируемых им.

Современный уровень развития науки и техники позволяет использовать побочное электромагнитное излучение (ЭМИ) компьютеров для снятия информации, обрабатываемой на этих устройствах, а значит, возникает острая необходимость в создании устройств защиты этой информации. Другим важным вопросом является электромагнитная совместимость ПК с другими устройствами, критичными к спектру излучения приборов, работающих в непосредственной близости от них.

В соответствии с этим возникает необходимость в создании устройства, которое могло бы позволить произвести оценку уровня излучения отдельных узлов персонального компьютера, выявить пространственно-частотную картину этого излучения. Целью данной работы является разработка и исследование алгоритма обнаружения побочного электромагнитного излучения компьютеров с использованием корреляционной обработки.

## 2. Система обнаружения побочного ЭМИ компьютеров

Традиционные методы измерения электромагнитных излучений состоят в измерении стационарного энергетического спектра в широком диапазоне частот (от единиц килогерц до сотен мегагерц) с помощью узкополосного измерителя, например, селективного микровольтметра со сменными антенными головками, последовательно перестраиваемым по заданному диапазону частот. Однако эти методы не могут служить исчерпывающей основой решения поставленных задач в виду тех ограничений, которые им свойственны.

Во-первых, диапазон частот, излучаемых компьютером, имеет тенденцию к расширению в сторону более высоких частот (порядка 10 ГГц). Это связано с тем, что тактовые частоты современных компьютеров достигают единиц гигагерц, а сигналы, используемые в них, имеют фронты в доли наносекунд, т.е. ширину спектра вплоть до единиц гигагерц.

Во-вторых, измерение широкополосных спектров узкополосными измерителями не позволяет селективировать источники излучений, поскольку они реагируют на суммарный уровень мощности электромагнитного излучения, который впоследствии невозможно однозначно разложить на составляющие, вызванные разными источниками электромагнитных излучений. При этом не учитывается информация о фазовом спектре побочного излучения и не используется информация о форме и структуре излучаемых сигналов и собственных излучений элементов конструкции компьютера.

Для повышения точности обнаружения и оценки мощности побочного электромагнитного излучения компьютеров нами предлагается использовать корреляционный алгоритм обработки сигналов [1]. Предлагаемый алгоритм обнаружения побочного электромагнитного излучения компьютеров состоит из следующих этапов. На первом этапе формируется импульсная характеристика согласованного фильтра. Для этого на минимально возможном расстоянии от компьютера производится измерение его электромагнитного излучения в широком диапазоне частот. С целью уменьшения влияния шумов на точность формирования импульсной характеристики согласованного фильтра проводится усреднение сигнала по множеству измеренных реализаций. При этом шум считается стационарным эргодическим процессом. Инвертированный по времени усредненный сигнал и будет импульсной характеристикой согласованного фильтра.

На втором этапе производится измерение уровня шума при отсутствии тестового сигнала, что позволяет оценить отношение сигнал/шум на выходе согласованного фильтра, а также задаваться требуемой вероятностью правильного обнаружения.

На следующем этапе производится оценка возможности обнаружения тестового сигнала при различных отношениях сигнал/шум. Известно, что мощность электромагнитного излучения убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от источника излучения до наблюдателя. Таким образом, распределение сигнала на выходе согласованного фильтра при прохождении сигнала, снятого на некотором расстоянии от компьютера при выполнении им программ-тестов, будет подобным распределению сигнала на выходе фильтра, при отсутствии тестового сигнала (распределение шума), но будет иметь отличное от нуля математическое ожидание, которое определяется мощностью полезного излучения в точке наблюдения.

Для проведения статистического анализа необходимо задаться некоторым уровнем напряжения на выходе согласованного фильтра (пороговым значением), превышение которого с некоторой вероятностью говорило бы о наличии или отсутствии сигнала.

Для выбора порогового значения мы воспользовались критерием Неймана-Пирсона [2]. Согласно этому критерию пороговое значение для одномерно распределенной случайной величины однозначно определяется заданной вероятностью ложной тревоги. Задавшись некоторым уровнем ложной тревоги и определив пороговое напряжение, соответствующее этому уровню, можно оценить вероятность обнаружения сигнала для малых соотношений сигнал/шум. Можно определить некоторое минимальное значение отношения сигнал/шум, при котором вероятность пропуска сигнала удовлетворяет допустимому в конкретном случае значению, и согласно этому отношению оценить максимальное расстояние, на котором возможно обнаружение сигнала при данном уровне шума.

На заключительном этапе производится обнаружение побочного электромагнитного излучения компьютеров [3]. Производится оценка выходного сигнала согласованного фильтра в определенные моменты времени. Сравнивая величину этого сигнала с пороговым значением, принимается решение о наличии сигнала или о его отсутствии.

### 3. Обработка экспериментальных данных

Для проведения исследования корреляционного алгоритма обнаружения побочного электромагнитного излучения компьютеров нами использовались экспериментальные данные излучения монитора персонального компьютера. На рис. 1 представлен пример излучения монитором тестового сигнала при малом уровне шума, измеренный на частоте порядка 30 МГц в полосе 9 кГц.

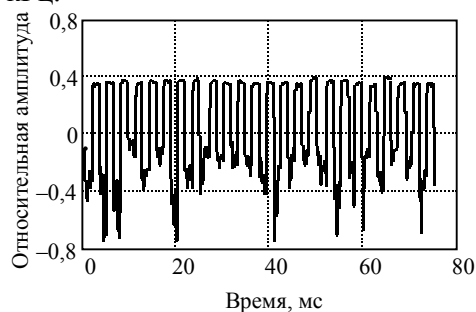


Рис. 1. ЭМИ монитора, измеренное в полосе 9 кГц

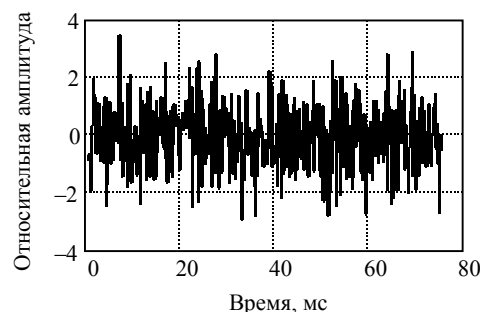


Рис. 2. Модель ЭМИ монитора при  $q = -10$  дБ

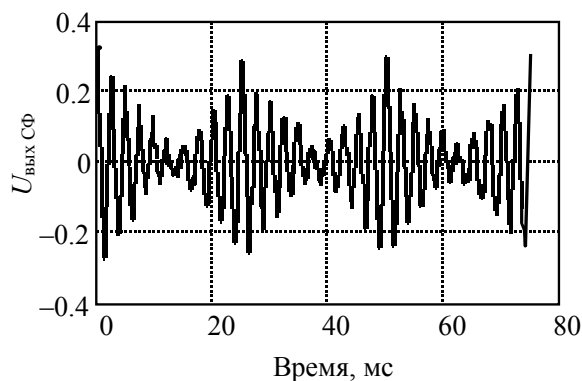


Рис. 3. Сигнал на выходе согласованного фильтра при отношении сигнал/шум  $q = -10$  дБ

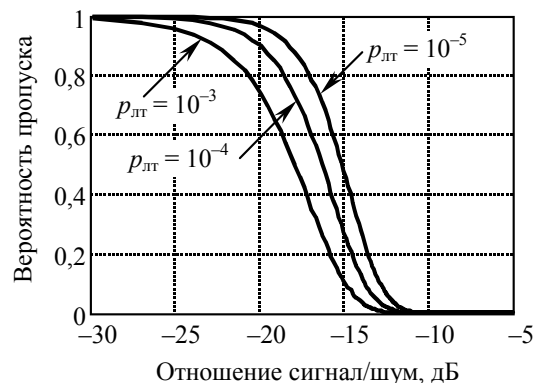


Рис. 4. Зависимость вероятности пропуска сигнала от отношения сигнал/шум

В качестве тестового сигнала использовалась последовательность черных и белых горизонтальных полос. Отношение сигнал/шум будем оценивать по формуле:

$$q = 10 \cdot \lg \left( \frac{P_{cp}}{y_v^2} \right), \quad (1)$$

где  $y_v^2$  – дисперсия шума;  $P_{cp}$  – средняя мощность сигнала. Реализация сигнала с шумом при отношении сигнал/шум  $q = -10$  дБ представлена на рис. 2.

Импульсная характеристика согласованного фильтра определялась нами с использованием излучения монитора при минимальном уровне шума. Реакция согласованного фильтра на сигнал, изображенный на рис. 2, представлена на рис. 3. Видно, что в структуре выходного сигнала сохраняется информация о периоде кадровой развертки монитора. Таким образом, оценивая величину реакции согласованного фильтра в определенные моменты времени, можно решать задачу обнаружения побочного электромагнитного излучения компьютеров.

Согласно выбранному ранее критерию Неймана-Пирсона зададимся некоторым значением вероятности ложной тревоги  $p_{лт}$ . В соответствии с этим значением можно найти соответствующее этому значению ложной тревоги пороговое напряжение  $U_{пор}$  на выходе согласованного фильтра. На рис. 4 представлена зависимость вероятности пропуска сигнала от соотношения сигнал/шум  $q$  при фиксированных значениях вероятности ложной тревоги. Из рисунка видно, что корреляционный метод позволяет обнаруживать собственное ЭМИ компьютеров вплоть до отношения сигнал/шум  $q = -15$  дБ.

#### 4. Заключение

В данной статье проведен анализ методов обнаружения собственного электромагнитного излучения компьютеров в присутствии шумов. Показано, что обнаружение известного по форме сигнала на фоне белого гауссовского шума с помощью согласованного фильтра обеспечивает теоретически оптимальную с точки зрения отношения сигнал/шум процедуру обработки сигнала.

По результатам проведенных исследований установлено, что при выбранном тестовом сигнале для монитора при вероятности пропуска не более  $10^{-5}$  корреляционный метод работает вплоть до отношения сигнал/шум  $q = -12$  дБ.

#### Библиография

1. Баскаков С.И., Радиотехнические цепи и сигналы. 3-е изд. – М.: «Высшая школа», – 2000, 462 с.
2. Левин Б.Р., Теория случайных процессов и ее применение в радиотехнике. – М.: «Советское радио», 1960.
3. Латышев В.В., Рыжак И.С., Селин В.Я., Современные параметрические методы спектрального оценивания. – М.: Изд-во МАИ, 1996.