

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРИМЕНЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПОМЕХ В ИНТЕРЕСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ И ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Гусаров А.А.¹, Егин А.В.², Коновалов А.В.³, Левин Д.В.⁴,

Статья посвящена описанию имитационной модели оценивания результативности воздействия структурных помех на технические средства перехвата побочных электромагнитных излучений растровых систем отображения информации. Структура имитационной модели включает подмодели формирования побочных электромагнитных излучений растровых систем отображения информации, системы активного зашумления, формирующей шумовые маскирующие и структурные помехи, приемника технического средства перехвата побочных электромагнитных излучений и блока статистической обработки. Приведен пример формирования побочных электромагнитных излучений при передаче данных по интерфейсу стандарта DVI. Отражены особенности имитационного моделирования процессов формирования структурных помех и их воздействия на приемные устройства средств перехвата побочных электромагнитных излучений. Показаны зависимости изменения статистических показателей результативности применения структурных помех при решении задач защиты информации от утечки по каналу побочных электромагнитных излучений. Описанная в работе процедура формирования структурных помех, не связанных с сигналом побочных электромагнитных излучений растровых систем отображения информации, приводит при сохранении мощности излучения к увеличению вероятности ошибочного поблочного восстановления изображения по сравнению с шумовыми маскирующими помехами, что было подтверждено результатами имитационного моделирования на ЭВМ. Показано, что применение структурных помех позволяет повысить результативность применения систем активного зашумления для решения задач защиты информации от утечки по каналу побочных электромагнитных излучений.

Ключевые слова: побочные электромагнитные излучения, система активного зашумления, растровая система отображения информации, структурные помехи, коэффициент взаимной корреляции.

DOI 10.21681/2311-3456-2016-4-45-53

Введение

В настоящее время важным фактором обеспечения информационной безопасности систем обработки и отображения информации является предотвращение утечки информации по техническим каналам. Большинство автоматизированных рабочих мест (АРМ) представляет собой совокупность объединенных в единую сеть разнообразных средств вычислительной техники. Для визуального восприятия операторами обрабатываемой информации в АРМ применяются растровые системы отображения информации (РСОИ), такие как мониторы, проекторы, видеостены и др. Передача и отображение данных в РСОИ сопровождается возникновением сверхширокополосных побочных электромагнитных излучений (ПЭМИ) в

диапазоне от сотен кГц до единиц ГГц. В целях организации информационной безопасности на современных АРМ необходимо обеспечивать защиту информации от утечки по техническим каналам [1–5].

Снижение качества перехвата ПЭМИ от РСОИ может быть обеспечено применением структурных помех. Для выбора наиболее рационального способа формирования и параметров структурных помех разработана имитационная модель воздействия шумовыми маскирующими и структурными помехами на технические средства (ТС) перехвата ПЭМИ РСОИ, позволяющая определять вероятностные показатели распознавания отдельных элементов кадра изображения, выводимого на РСОИ при использовании интерфейса передачи данных стандарта DVI.

1 Гусаров Александр Александрович, канд. техн. наук, доцент, ВКА имени А.Ф.Можайского, г.Санкт-Петербург, gusar.78@mail.ru

2 Егин Александр Валентинович, ВКА имени А.Ф.Можайского, г.Санкт-Петербург, post.1538.st@yandex.ru

3 Коновалов Александр Викторович, ВКА имени А.Ф.Можайского, г.Санкт-Петербург, kaxobka2004@mail.ru

4 Левин Дмитрий Викторович, канд. техн. наук, ВКА имени А.Ф.Можайского, г.Санкт-Петербург, dm.sovetnik@yandex.ru

Моделирование воздействия структурных и шумовых помех на технические средства перехвата побочных электромагнитных излучений

На языке объектно-ориентированного программирования C# 3.0 разработана математическая имитационная модель процесса перехвата информации по каналу ПЭМИ в условиях функционирования системы активного шумления (САЗ). Структура имитационной модели представлена на рис. 1 и включает ряд следующих подмоделей:

- модель формирования ПЭМИ РСОИ;
- модель САЗ, формирующей шумовые и структурные помехи для защиты информации от утечки по каналу ПЭМИ;
- модель квазиоптимального приемника ТС перехвата ПЭМИ;
- блок статистической обработки результатов имитационного моделирования.

Исходными данными имитационной модели

воздействия шумовыми маскирующими и структурными помехами на ТС перехвата ПЭМИ РСОИ являются:

- двухцветный фрагмент неизвестного изображения, выводимый без изменения информационного блока в заданном месте экрана монитора фиксированное число кадров N_K и состоящий из определенного количества пикселей $N_{П}$;
- параметры помех САЗ, такие как отношение средней амплитуды сигнала ПЭМИ к среднеквадратическому отклонению (СКО) шумовой маскирующей помехи q и вероятность появления импульсов структурной помехи $P_{П}$, возникающих на всем времени накопления сигнала ПЭМИ в приемнике ТС перехвата ПЭМИ.

Выходными данными имитационной модели являются зависимости вероятности ошибочного поблочного восстановления фрагментов изображения $P_{ош}$, отображаемого на экране монитора, от параметров помех, формируемых САЗ.

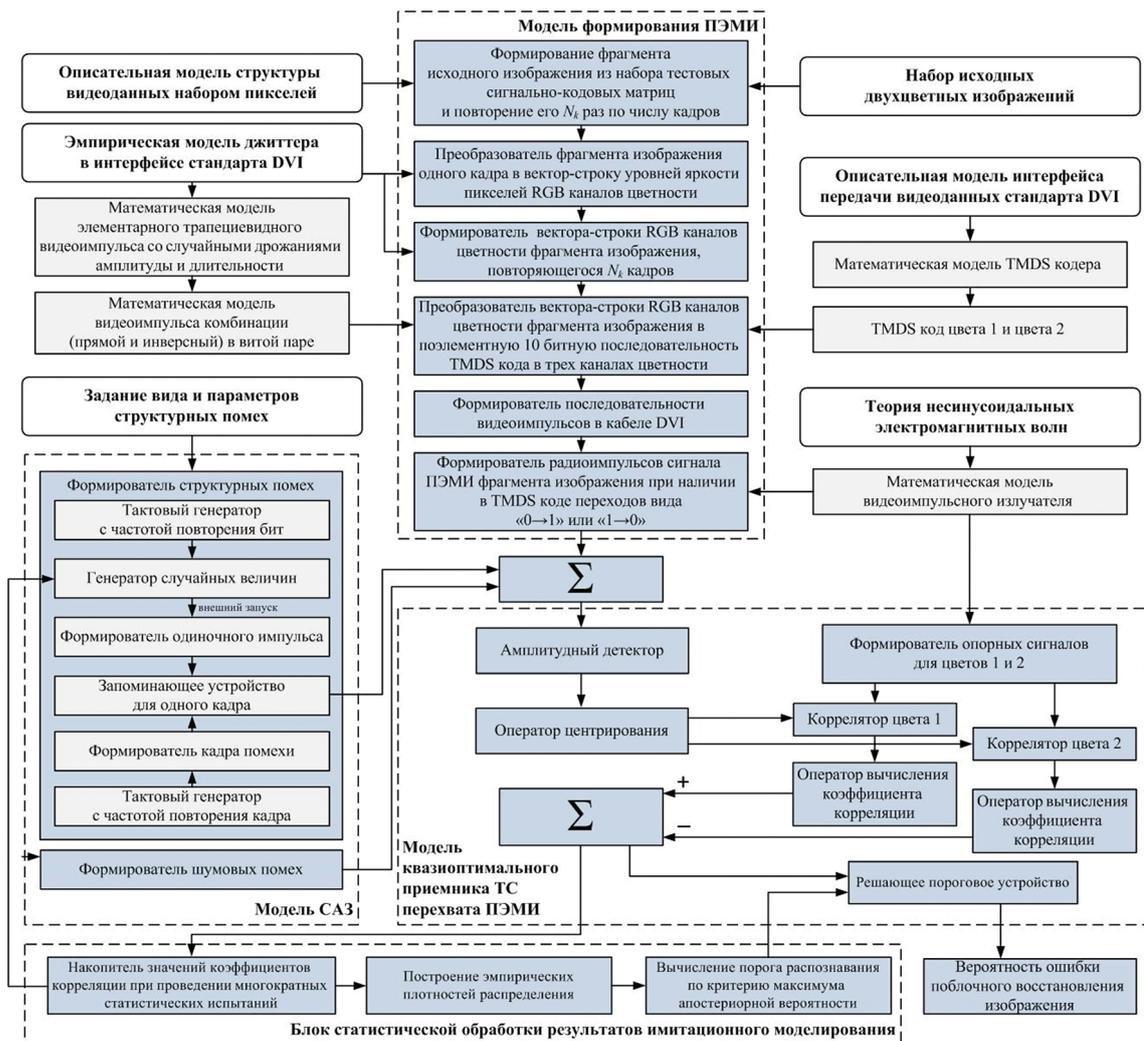


Рис. 1. Структура имитационной модели воздействия шумовыми и структурными помехами на ТС перехвата ПЭМИ РСОИ

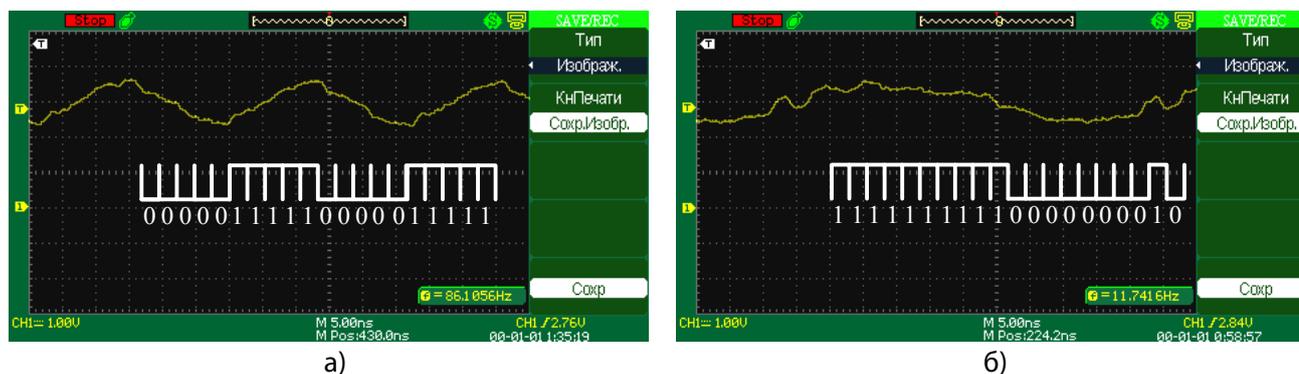


Рис. 2. Кодовая комбинация канала цветности DVI кабеля при уровне яркости «122» (а) и «0» (б)

В модели формирования ПЭМИ РСОИ исходное изображение, отображаемое на экране монитора, путем преобразования в видеосигнал, передаваемый по DVI кабелю, представляется в виде сигнала ПЭМИ. Моделирование сигнала DVI сводится к формированию бинарного вектора-строки соответствующего одноцветному прямоугольному фрагменту двухцветного изображения, состоящего из N_{Π} пикселей [1, 6]. Для этого последовательность пикселей преобразуется в 10-битную последовательность TMDS кода для трех каналов цветности (рис. 2).

Представленные на рис. 2 осциллограммы канала цветности DVI кабеля для однотонных полноэкранных изображений серого и черного цветов получены с помощью осциллографа «АКТАКОМ АОС-5302» с полосой пропускания 300 МГц. Из рис. 2 видно, что кодовые комбинации, моделируемые по алгоритму TMDS кодирования, совпадают с осциллограммой видеосигнала DVI кабеля. Для настройки параметров моделируемых импульсов DVI сигнала использовалась глазковая диаграмма реального DVI сигнала (рис. 3) [7].

Длительность фронтов отдельного импульса сигнала DVI не превышает 40% длительности импульса (серая сплошная линия на рис. 3). Широкополосным каналам передачи данных присуще наличие амплитудных и фазовых шумов, т.е. свойственно наличие джиттера [3, 7]. Из-за наличия джиттера в DVI кабеле происходит ограничение полосы частот сигнала, проявляющееся в сглаживании формы импульсов (белая пунктирная линия на рис. 3). Флуктуации сдвига импульса по времени составляют до 25% длительности импульса, а флуктуации амплитуды до 30%.

Временная структура сигнала ПЭМИ представляет собой последовательность дельта-образных импульсов, излученных в пространство в моменты времени, соответствующие скачкам напряжения. В соответствии с процедурой формирования сигнала ПЭМИ РСОИ, использующих интерфейс стандарта DVI, количество импульсов участвующих в формировании сигнала ПЭМИ равно количеству переходов из «0→1» или «1→0» результирующего бинарного вектора-строки. Информационный сигнал ПЭМИ представляется совокупностью ви-

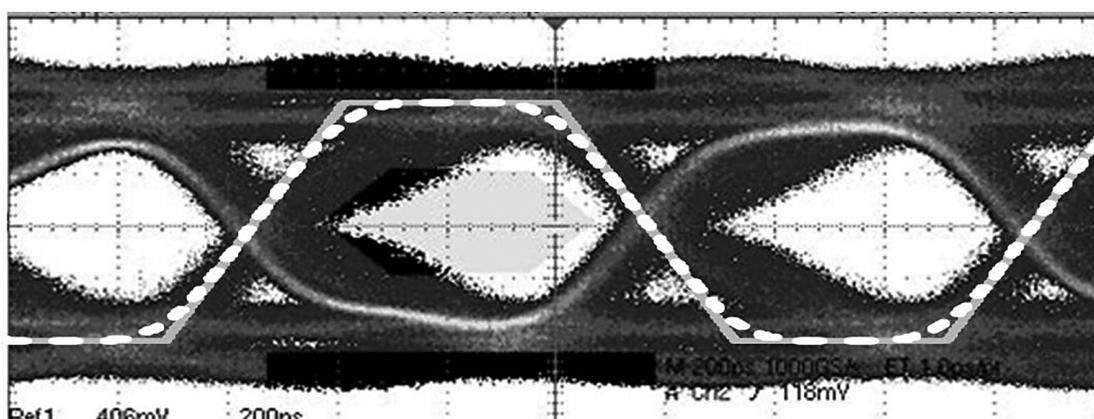


Рис. 3. Результат имитационного моделирования видеоимпульсов кодовых значений яркости в DVI кабеле

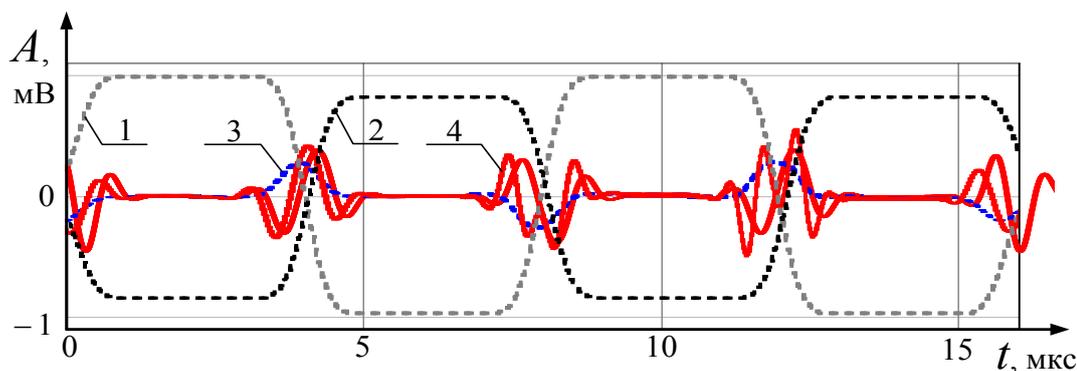


Рис. 4. Результаты математического моделирования импульсов сигнала ПЭМИ при передаче кодовых значений яркости в DVI кабеле

деоимпульсов соответствующих моментам перехода «0→1» или «1→0» TMD5-кода [1–3, 5, 6].

Видеоимпульсы, соответствующие кодовым значениям яркостей трех каналов цветности в кабелях прямого и инверсного типов, имеют близкую к трапециевидной форму (рис. 4, линии 1 и 2 соответственно). Наличие дрожаний амплитуды и фронтов импульсов, а также различие амплитудно-фазовых излучательных характеристик проводов прямого и инверсного каналов приводит к формированию подобных, но отличающихся моментами образования импульсов ПЭМИ прямого и инверсного сигналов. Суммарное значение напряжения в DVI кабеле в результате отличается от нулевого (рис. 4, линия 3). Сложение радиоимпульсов от прямого и инверсного каналов кабеля DVI со случайными временными задержками и фазовыми сдвигами за счет различий излучательных характеристик проводников приводит к биениям суммарной амплитуды пар импульсов и образует радиоимпульсы ПЭМИ (рис. 4, линия 4). При передаче данных по интерфейсу стандарта DVI, именно четвертая линия характеризует излучаемый в пространство сигнал от PCOI, т.е. линия 4 и есть сигнал ПЭМИ [1, 6].

Модель САЗ представлена двумя генераторами активных помех. Первый формирует шумовые маскирующие помехи, а второй структурные помехи. В качестве модели шумовой маскирующей помехи используются независимые отсчеты генератора случайных чисел с нормальным законом распределения с нулевым математическим ожиданием. При формировании нормально распределенной случайной величины для задания уровня помехи использовалось отношение сигнал-шум по амплитуде q , определяемое как отношение средней амплитуды сигнала ПЭМИ $A_{\text{пэми}}$ к СКО шумовой маскирующей помехи $\sigma_{\text{шп}}$ [7–10].

Структурная помеха представляет собой пачку импульсов идентичных импульсам ПЭМИ, но с фиксированной амплитудой $g_{\text{СП}}$ и фиксированной вероятностью появления помеховых компонент $P_{\text{П}}$. По амплитуде формируемые структурные помехи превышают на 10–20% среднюю амплитуду сигнала ПЭМИ, и совпадают по периодам следования пикселей в пределах интервалов накопления сигналов ПЭМИ.

При формировании структурной помехи, после заполнения условного первого кадра помехи отсчетами с требуемой вероятностью появления, происходит периодическое повторение этой же сформированной реализации структурной помехи на всем интервале накопления сигналов ПЭМИ. Период повторения структурной помехи совпадает с частотой кадровой развертки PCOI. Структурная помеха не связана с информационным сигналом, поэтому импульсы структурных помех создаются в произвольные тактовые моменты времени с фиксированной вероятностью появления помеховых компонент $P_{\text{СП}}$. При этом в рамках длительности одного кадра $\tau_{\text{К}}$ амплитуда $g_{\text{СП}}$ и длительность импульсов $\tau_{\text{И}}$ структурной помехи остаются постоянными [7–10].

На выходе модели формирования структурных помех создается совокупность импульсов, превышающих по амплитуде импульсы битовой последовательности каналов цветности DVI кабеля. Длительность импульса $\tau_{\text{И}}$ структурной помехи на 20% превышает длительность видеоимпульса DVI кабеля.

Входной реализацией модели квазиоптимального приемника ТС перехвата ПЭМИ является аддитивная смесь сигнала ПЭМИ, формируемого неизвестным фрагментом двухцветного изображения, шумовых и структурных помех. Модель приемника средства перехвата представляет со-

бой два параллельных канала приема, в каждом из которых осуществляется корреляционная обработка принимаемой аддитивной смеси информационного сигнала и активных помех с использованием опорного сигнала, соответствующего ПЭМИ заданного цвета. Выходными данными корреляционной обработки является массив значений взаимной корреляционной функции аддитивной смеси сигнала ПЭМИ и активных помех с опорным сигналом ПЭМИ заданного цвета. В качестве опорного сигнала в модели приемника ТС перехвата ПЭМИ используется последовательность импульсов, соответствующая переходам из «0» в «1» и обратно TMDS кода прямоугольного блока информации, имеющего один цвет. Наличие двух каналов корреляционной обработки приводит к тому, что при наличии на входе двух вариантов информационного блока, на выходе каждого канала коррелятора будет сформировано две взаимные корреляционные функции.

При проведении многократных статистических испытаний изменение независимых отсчетов маскирующей шумовой помехи (при фиксировании количества кадров изображения N_k и отношения средних амплитуд сигнала ПЭМИ к шумовой помехе q) величина корреляционного пика взаимной корреляционной функции R_{ij} в каждом i канале коррелятора приобретает случайный характер. Результатом одного статистического испытания

является формирование на выходе каждого канала коррелятора приемника ТС перехвата ПЭМИ случайной величины R_{ij} – значения корреляционного пика взаимной корреляционной функции аддитивной смеси сигнала ПЭМИ, шумовых и структурных помех с опорным сигналом ПЭМИ j цвета.

Результаты имитационного моделирования воздействия структурных помех на технические средства перехвата побочных электромагнитных излучений

Моделирование показало, что код яркости, подлежащий обнаружению при перехвате ПЭМИ, с точки зрения оптимального обнаружения является энергетическим параметром. Это связано с тем, что для разных кодовых последовательностей меняется не только местоположение импульсов ПЭМИ на временной оси, но и их количество. Поэтому при обработке целесообразно использовать нормировку к мощности обрабатываемого и опорного сигналов. Фактически необходимо использовать не взаимную корреляционную функцию, а коэффициент взаимной корреляции следующего вида

$$r_{ij} = \frac{R_{ij}}{\sigma_i \cdot \sigma_j}, \tag{1}$$

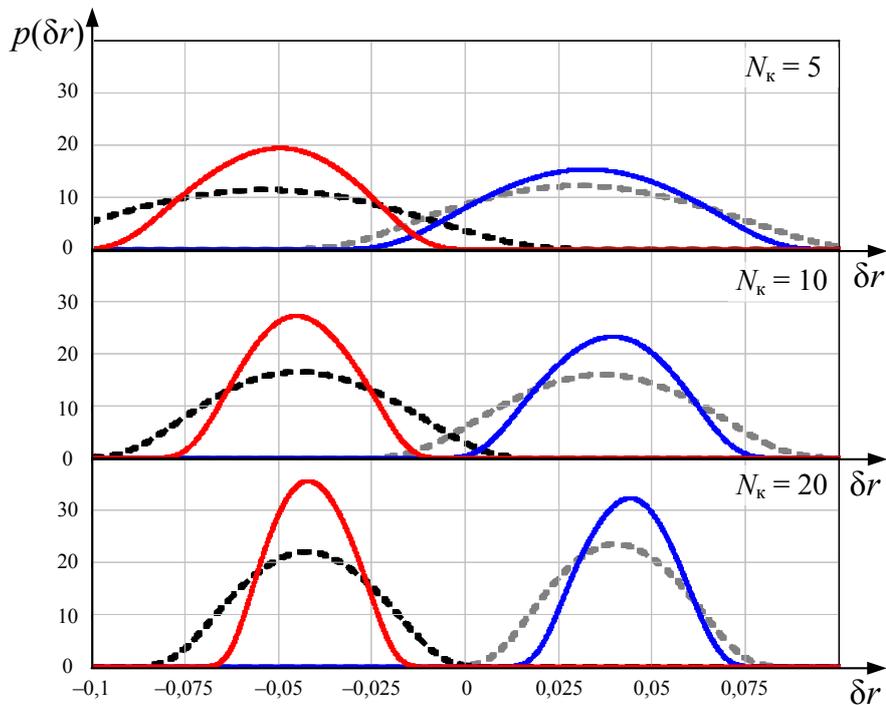


Рис. 5. Эмпирические плотности распределений случайной величины δr при $q = 4$

где R_{ij} – значение корреляционного пика взаимной корреляционной функции аддитивной смеси сигнала ПЭМИ и помех в i канале коррелятора с опорным сигналом j цвета; σ_i, σ_j – СКО опорного сигнала коррелятора j цвета и аддитивной смеси сигнала ПЭМИ и помехи, поступающей на вход i канала коррелятора.

Формирование окончательного решения в задаче перехвата ПЭМИ (т.е. при распознавании цвета перехваченного сообщения) основано на использовании оптимальной схемы различения детерминированных не ортогональных сигналов с вычитанием откликов двух корреляторов [11]. Применение указанной схемы распознавания сигналов позволяет выполнить переход в пространство одномерной случайной величины δr_j путем вычисления разности следующего вида

$$\delta r_j = r_{1j} - r_{2j}. \tag{2}$$

Учитывая, что в общем случае случайные величины описывающие отклики разных корреляторов r_{1j} и r_{2j} на сигнал одного j цвета являются независимыми, то плотность распределения одномерной случайной величины $p(\delta r_j)$, характеризующей j цвет перехваченного ПЭМИ, будет определяться по следующей формуле [11]

$$p(\delta r_j) = \int_{-\infty}^{\infty} p_1(r_{2j} - \delta r_j) \cdot p_2(r_{2j}) dr_{2j} \tag{3}$$

Блок статистической обработки результатов имитационного моделирования позволяет в условиях проведения многократных статистических испытаний получить статистические показатели результативности применения САЗ при решении задач защиты информации от утечки по каналу ПЭМИ.

При исследовании результативности воздействия структурных помех на ТС перехвата ПЭМИ были получены графики изменения эмпирической плотности вероятности случайной величины δr от количества кадров изображения (рис. 5). Эмпирические плотности вероятностей $p(\delta r_j)$ получены при фиксированном отношении средней амплитуды сигнала ПЭМИ к СКО шумовой маскирующей помехи $q = 4$ и фиксировании вероятности появления импульса структурной помехи $P_{сп} = 0,5$. Анализ представленных на рис. 5 зависимостей показывает, что увеличение времени накопления сигнала ПЭМИ в ТС перехвата ПЭМИ приводит к снижению вероятности ошибочного поблочного восстановления $P_{ош}$. Также из рис. 5 видно, что при увеличении N_k происходит незначительное изменение математического ожидания и уменьшение СКО распределения величин δr_j .

Для фиксированного количества кадров изображения $N_k = 10$ уменьшение величины q приводит к возрастанию вероятности ошибки его по-

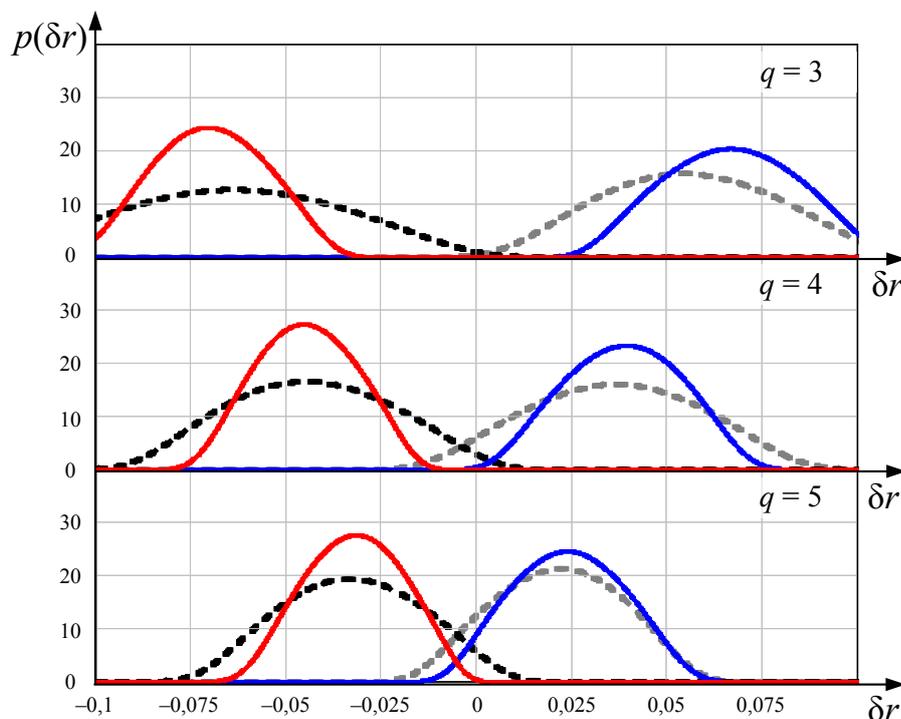


Рис. 6. Эмпирические плотности распределений случайной величины δr при $K = 10$

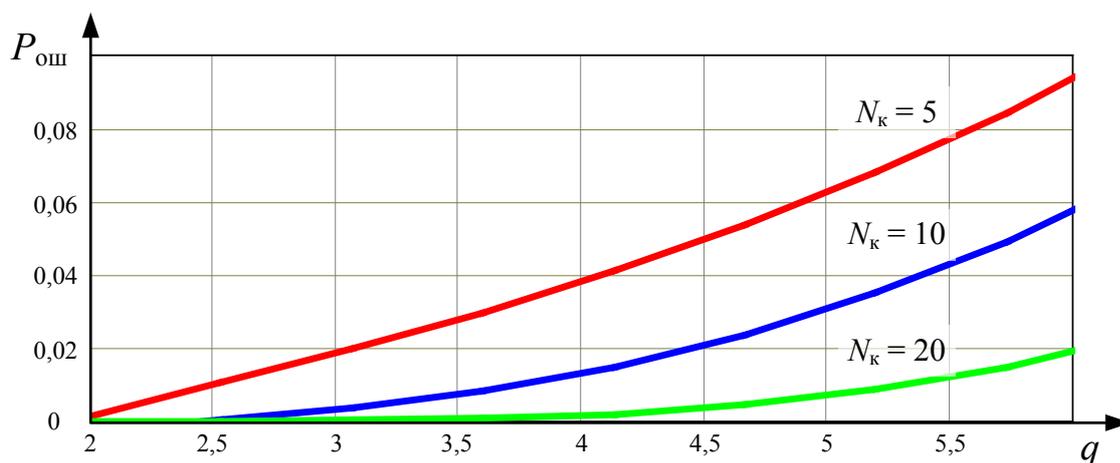


Рис. 7. Зависимость вероятности ошибки от q

блочного восстановления (рис. 6).

На основе полученных эмпирических плотностей распределения случайных величин δr проведен анализ зависимости вероятности ошибки поблочного восстановления двухцветного (черно-белого) изображения при применении структурных помех (рис. 7). При малых интервалах накопления информационного сигнала (в пределах 10 кадров) допустимым интервалом q является интервал от 2 до 5.

В границах указанного интервала было проведено оценивание вероятности ошибки поблочного восстановления изображения для трех вариантов накопления информационного сигнала ТС перехвата ПЭМИ. Из рис. 7 видно, что накопление сигнала ПЭМИ в пределах повторяемости кадра изображения до 5 при отношении средней амплитуды сигнала ПЭМИ к СКО шумовой маскирующей помехи $q = 4$ вероятность ошибки восстановления составляет $P_{\text{ош}} = 0,04$.

Выводы

Таким образом, разработана модель воздействия шумовых маскирующих и структурных помех на ТС перехвата ПЭМИ РСОИ. Уточнены структура и параметры опорного сигнала в ква-

зиоптимальном приемнике ТС перехвата ПЭМИ и представлена процедура формирования не связанных с сигналом ПЭМИ РСОИ структурных помех. Использование разработанной имитационной модели позволило оценить результативность применения структурных помех в САЗ для защиты информации от утечки по каналу ПЭМИ. Получены зависимости изменения вероятности ошибки поблочного восстановления изображения, выводимого на экран монитора, в условиях воздействия структурных помех на ТС перехвата ПЭМИ. Результаты исследований показывают, что возможно обеспечение требуемого уровня защищенности информации от утечки по техническим каналам при использовании меньшей суммарной мощности излучения структурных и шумовых помех по сравнению с ситуацией применения только шумовых маскирующих помех. Это достигается за счет сходства эффектов накопления структурной помехи и информационного сигнала в корреляторе ТС перехвата ПЭМИ.

Достоверность полученных результатов подтверждается корректностью имитационной модели и адекватностью получаемых зависимостей, а также совпадением в частных случаях с результатами других авторов [3, 4, 7].

Рецензент: Цирлов Валентин Леонидович, кандидат технических наук, доцент МГТУ им. Н.Э.Баумана, г. Москва, v.tsirlov@bmstu.ru

Литература

1. Паршуткин А.В., Егин А.В., Святкин С.А. Применение структурных и шумовых помех для защиты информации от утечки по каналу побочных электромагнитных излучений // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму, 2016. – № 3–4 (93–94). – С.27–34.
2. Markus G. Kuhn. Compromising Emanations of LCD TV Sets // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 2013. – V. 55, I. 3 – P.564–570.

3. Хорев А.А. Оценка возможности обнаружения побочных электромагнитных излучений видеосистемы компьютера // Доклады ТУСУРа, 2014. – № 2 (32). – С.207–213.
4. Litaο Wang; Bin Yu. Research on the compromising electromagnetic emanations from digital signals // Automatic Control and Artificial Intelligence (ACAI 2012), 2012. – PP.1761–1764.
5. Xiaoyi Pan, Wei Wang, Dejun Feng, Jing Huang, Qixiang Fu, Guoyu Wang. Rotational micro-motion modulated jamming for countering ISAR based on intermittent sampling repeater // Progress In Electromagnetics Research, 2013. – V. 36. – PP.41–56.
6. Егин А.В., Левин Д.В., Паршуткин А.В. Обобщенная математическая модель воздействия активных помех на техническое средство перехвата побочных электромагнитных излучений от растровых систем отображения информации // Труды Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского. – СПб.: ВКА имени А.Ф.Можайского, 2016. – Вып. № 651. – С.62–70.
7. Бузов Г.А. Защита информации ограниченного доступа от утечки по техническим каналам. – М.: РиС, 2014. – 586 с.
8. Паршуткин А.В., Баранов В.М., Маслаков П.А., Бажин Д.А., Сазыкин А.М. Исследование помехоустойчивости канала спутниковой связи стандарта DVB-S2 к воздействию нестационарных помех // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму, 2016. – № 9–10. – С.89–95.
9. Паршуткин А.В., Маслаков П.А., Фомин А.В. Модель функционирования канала спутниковой связи при воздействии нестационарных помех // Труды Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского. – СПб.: ВКА имени А.Ф.Можайского, 2016. – Вып. № 651 – С.78–83.
10. Паршуткин А.В. Концептуальная модель взаимодействия конфликтующих информационных и телекоммуникационных систем // Вопросы кибербезопасности, 2014. – № 5 (8). – С.2–6.
11. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. – 3-е изд. – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 608 с.

THE SIMULATION MODEL OF APPLICATION STRUCTURAL INTERFERENCE IN ORDER TO ENSURE INFORMATION SECURITY OF DATA PROCESSING AND INFORMATION DISPLAY SYSTEM

Gusarov A.⁵, Egin A.⁶, Konovalov A.⁷, Levin D.⁸

The article is dedicated descriptions simulation model assessing impact structural interference on technical means interception side electromagnetic radiation. The structure of simulation model includes models of stray electromagnetic radiation raster display systems, active jamming systems, forming a masking noise and structural interferences, receiver of technical means interception side electromagnetic radiation and statistical processing unit. An example forming side electromagnetic radiation when data transmitting on DVI standard interface. Showing features of simulation processes formation structural interference and their effects on receiving devices of technical means interception side electromagnetic radiation. Shows dependence of changes statistical parameters impacting by application structural interference in solving problems protect information of leakage through channel side electromagnetic radiation. Described in article structural interference formation procedure not associated with signal of side electromagnetic radiation raster display systems, it allowed while maintaining output power increase probability of an erroneous block-based image restoration compared to using masking noise interferences, it was confirmed by results of computer simulation. It shows that use of structural interferences can improve effectiveness using noise active systems on solving problems protect information of leakage through channel side electromagnetic radiation.

Keywords: side electromagnetic radiation, system of active noise, raster information display system, structural interference, mutual correlation coefficient.

5 Aleksandr Gusarov, PhD in Technical Sciences, Mozhaisky Military Space Academy, Saint-Petersburg, gusar.78@mail.ru

6 Aleksandr Egin, Mozhaisky Military Space Academy, Saint-Petersburg, post.1538.st@yandex.ru

7 Aleksandr Konovalov, Mozhaisky Military Space Academy, Saint-Petersburg, kaxobka2004@mail.ru

8 Dmitriy Levin, PhD in Technical Sciences, Mozhaisky Military Space Academy, Saint-Petersburg, dm.sovetnik@yandex.ru

Reference:

1. Parshutkin A.V., Egin A.V., Svyatkin S.A. The use of the structural and noise interference for the information protection against leakage through of channel side electromagnetic radiation // *Voprosy oboronnoy tekhniki. Seriya 16. Tekhnicheskie sredstva protivideystviya terrorizmu*, 2016. – № 3–4 (93–94). – PP.27–34.
2. Markus G. Kuhn. Compromising Emanations of LCD TV Sets // *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, 2013. – V. 55, I. 3 – PP.564–570.
3. Horev A.A. Evaluation of the possibility of detection side compromising electromagnetic emanations video PC // *Doklady TUSUR*, 2014. – № 2 (32). – PP.207–213.
4. Litaow Wang; Bin Yu. Research on the compromising electromagnetic emanations from digital signals // *Automatic Control and Artificial Intelligence (ACAI 2012)*, 2012. – PP.1761–1764.
5. Xiaoyi Pan, Wei Wang, Dejun Feng, Jing Huang, Qixiang Fu, Guoyu Wang. Rotational micro-motion modulated jamming for countering ISAR based on intermittent sampling repeater // *Progress In Electromagnetics Research*, 2013. – V. 36. – PP.41–56.
6. Egin A.V., Levin D.V., Parshutkin A.V. The generalized mathematical model of impact jamming on technical means by interception of side electromagnetic radiation from raster display systems // *Proceedings of the Military Space academy named after A.F.Mozhaisky*. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2016. – Rel. № 651. – PP.62–70.
7. Buzov G.A. *Zashita informacii ogranichennogo dostupa ot utechki po tehničeskim kanalām*. – M.: RiS, 2014. – 586 p.
8. Parshutkin A.V., Baranov V.M., Maslakov P.A., Bazhin D.A., Sazykin A.M. Research of the noise immunity of the communication satellite channel standard DVB-S2 under the impact of unintentional non-stationary interference // *Voprosy oboronnoy tekhniki. Seriya 16: Tekhnicheskie sredstva protivideystviya terrorizmu*, 2016. – № 9–10. – PP.89–95.
9. Parshutkin A.V., Maslakov P.A., Fomin A.V. functioning model of a satellite communications link when the influence of nonstationary interference // *Proceedings of the Military Space academy named after A.F.Mozhaisky*. – SPb.: MSA named after A.F. Mozhaisky, 2016. – Rel. № 651. – PP.78–83.
10. Parshutkin A.V. Conceptual interconnection model of conflict information and telecommunication systems // *Voprosy kiberbezopasnosti [Cybersecurity issues]*, 2014. – № 5 (8). – PP.2–6.
11. Tihonov V.I., Harisov V.N. *Statisticheskii analiz i sintez radiotekhnicheskikh ustroystv i system*. 3-e izd. – M.: Gorjachaja liniya – Telekom, 2015. – 608 p.

